

一般社団法人

日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2015

建設機械施工



Vol.67 No.4 April 2015 (通巻782号)

特集 建設業の海外展開, 海外における建設施工



ボスボラス海峡横断鉄道トンネルにおけるシールド施工

巻頭言 ゼネコンの海外展開

行政情報

- 日本高速道路インターナショナル株式会社における海外道路事業の展開
- JICA における海外インフラ展開
- ㈱国際協力銀行 (JBIC) の海外インフラ事業展開支援

技術報文

- ノンタブリ橋建設工事
- トルコボスボラス海峡横断鉄道トンネルにおけるシールド施工
- 貫通 東南アジア最長44.6 km : パハン・セランゴール導水トンネル
- ネパール国シンスリ道路建設事業 他

JCMA報告 平成26年度 建設施工と建設機械シンポジウム開催報告 (その2)

- 優秀論文賞 放射線環境下における建設機械の自動運転システム
- 論文賞 コンクリート構造物非破壊検査のための遠距離非接触音響探査法

部会報告 除雪機械の変遷 (その6) 除雪トラック (2)

一般社団法人 日本建設機械施工協会

KOBELCO

低燃費のコベルコ!
低炭素社会の実現へ

しん せい き
新 たな 世 代の 建 機

登場、



HYBRID
SK200H

HYBRID
SK200H。

コベルコの
新世機

圧倒的な燃費性能で新たな世代をリードするコベルコの「新世機」。
その技術で、低燃費のコベルコは、もっと低燃費のコベルコになる。

約16%の燃料削減
(JCMAS測定方式)

ハイブリッド化により、従来機(SK200-8)に比べ
約16%燃料消費量を低減。

オフロード法
2011年基準適合

排気ガス後処理装置の搭載により
排出ガス中のPM(粒子状物質)を大幅削減。



コベルコ建機株式会社

東京本社 / 〒141-8626 東京都品川区東五反田 2-17-1 ☎03-5789-2111
www.kobelco-kenki.co.jp

初の
実務者向け入門版!!

情報化施工 デジタルガイドブック

2014.3
発刊!

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

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

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

特 徴

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

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



Windows版

JCMA
一般社団法人 日本建設機械施工協会
(禁複製)

デジタルブックDVD版
(デジタル画像・動画等)
プレビューA4版冊子付

情報化施工 デジタルガイドブック

JCMA
一般社団法人
日本建設機械施工協会

定 価

一般価格

2,160円 (本体2,000円)

会員価格

1,944円 (本体1,800円)

※送料別途

主な内容

1

情報化施工
のあらまし

2

情報化
施工技術の
種類

3

情報化施工
の適用工種

4

情報化施工
の運用手順

5

建設機械・
測量機器リスト

6

情報化
施工データ

7

情報化施工
の導入効果

8

導入事例

9

用語の説明

一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

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

JCMA 図書

検 索

よくわかる建設機械と損料 2014

(平成26年度版 建設機械等損料表 解説書)

本書は当協会発行の書籍「平成26年度版 建設機械等損料表」で使用する用語や損料計算方法等を解説すると共に、前年度版からの主な改正点、機械損料を掲載している各種建設機械・器具の概要・特長、主要建設機械についてはメーカー・型式名等を紹介したものです。

機械損料に関する理解を深めるだけでなく、機械そのものに関する幅広い知識を得るという観点においても有効・有益な資料と考えます。詳細・申し込み方法は[当協会ホームページ](#)をご覧ください。

■発行：平成26年6月16日

■体裁：B5版、一部カラー、約400ページ

■価格(送料別途)

一般：5,616円(本体：5,200円)

会員：4,752円(本体：4,400円)

■特長

★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

★19件の関連通達の位置付けと要旨を解説

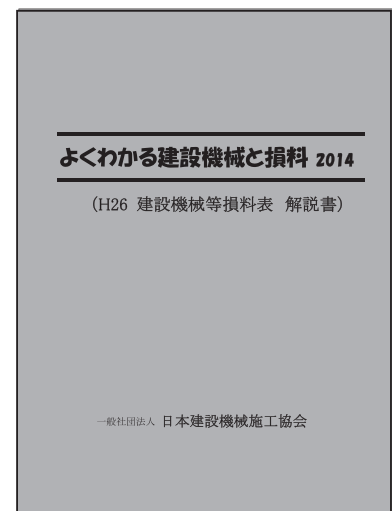
★H26損料表の主な改正・変更点を一覧表にして紹介

★損料表掲載の機械・器具等のコード体系を下記大分類別に図示

- | | |
|---------------------|-------------------|
| 01 ブルドーザ及びスクレーパ | 12 空気圧縮機及び送風機 |
| 02 掘削及び積込機 | 13 建設用ポンプ |
| 03 運搬機械 | 15 電気機器 |
| 04 クレーンその他の荷役機械 | 16 ウインチ類 |
| 05 基礎工事用機械 | 17 試験測定機器 |
| 06 せん孔機械及びトンネル工事用機械 | 18 鋼橋・PC橋架設用仮設備機器 |
| 07 モータグレーダ及び路盤用機械 | 20 その他の機器 |
| 08 締固め機械 | 30- 作業船 |
| 09 コンクリート機械 | 40- ダム施工機械等 |
| 10 舗装機械 | 50 除雪用建設機械 |
| 11 道路維持用機械 | |

★損料表掲載の機械・器具等の概要を写真・図入りで紹介

★主要建設機械のメーカー・型式名を表にして紹介



平成26年度版 建設機械等損料表

■発刊：平成26年5月12日

■体裁：B5版 モノクロ 650ページ

■価格(送料別)

一般：7,920円(本体 7,334円)

会員：6,787円(本体 6,285円)

■内容

- ・機械経費・損料等に関する通達・告示類を掲載
- ・国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に基づき編集
- ・損料表の構成・用語や損料積算例を解説
- ・燃料・電力消費量(率)を掲載
- ・主要建設機械は写真・図で概要を紹介



＜参考＞ 平成26年度版の主要改正点の一部を下表に示します。この表は平成26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2014」(6月16日発売)から抜粋、アレンジしたものです。

現行(旧)		変更箇所		改正	
		コード	名称		
0101	ブルドーザ	-	-	0101	ブルドーザ
			(追加)	015	[普通・排ガス(OR2011)]
			(追加)	025	[湿地・排ガス(OR2011)]
			(追加)	055	[リッパ装置付・排ガス(OR2011)]
0104	スクレーブドーザ	-	-	0104	スクレーブドーザ
	011		○	011	[普通型]
0106	被けん引式スクレーパ	-	-	0106	被けん引式スクレーパ
	012		○	012	[油圧式]
0202	バックホウ(クローラ型)	-	-	0202	バックホウ(クローラ型)
			(追加)	115	[標準型・排ガス(OR2011)]
			(追加)	135	[標準型・超低騒音型・排ガス(OR2011)]
			(追加)	714	[ディーゼル/電気ハイブリッド型・排ガス(3次)]
			(追加)	715	[ディーゼル/電気ハイブリッド型・排ガス(OR2011)]
0204	ドラグライン及びクラムシェル	-	-	0204	ドラグライン及びクラムシェル
	061 [油圧クラムシェル・テレスコピック式・クローラ型]		○	061	[油圧クラムシェル・テレスコピック式]

一般社団法人 日本建設機械施工協会

橋梁架設工事の積算

平成 26 年度版

∞ ∞ ∞ 改訂・発刊のご案内 ∞ ∞ ∞

平成 26 年 5 月 一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

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

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準が改正され、平成 26 年 4 月以降の工事費の積算に適用されることに伴い、また近年の橋梁架設工事の状況、実績等を勘案し、当協会では「橋梁架設工事の積算 平成 26 年度版」を発刊致しました。

なお前年度版同様、橋梁の補修・補強工事の積算に際し、その適用範囲や積算手順をわかりやすく解説した「橋梁補修補強工事積算の手引き 平成26年度版」を別冊(セット)で発刊致しております。

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

敬 具

◆内容

平成 26 年度版の構成項目は以下のとおりです。

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



◆改訂内容

平成 25 年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

1. 鋼橋編

- ・ 送出し架設 留意項目の追加
- ・ 橋梁補修 (掲載歩掛一覧表、塗替塗装用足場工、仮設ブラケットの設置・撤去、素地調整 (ブラスト工法、コンクリート補修歩掛) の追加
- ・ 積算例題の見直し

2. PC 橋編

- ・ 工事用エレベーター運転費の電力設備に発動発電機を追加
- ・ 外ケーブル工予備孔の設置歩掛りを追加
- ・ 外ケーブル PE 管グラウトタイプ PC ケーブル工歩掛の変更
- ・ 重量型伸縮継手装置の設置歩掛りを追加
- ・ 検査孔蓋の設置歩掛りを追加
- ・ 複合損料の改定
- ・ 積算例題の見直し

- B 5 判 / 本編約 1,100 頁 (カラー写真入り)
- 別冊約 120 頁 セット

● 価格

- 一般価格 : 8,640 円 (本体 8,000 円)
- 会員価格 : 7,344 円 (本体 6,800 円)

※ 別冊のみの販売はいたしません。

※ 送料は一般・会員とも
沖縄県以外 600 円
沖縄県 610 円 (但し県内に限る)

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

大口径・大深度の削孔工法の設計積算に欠かせない必携書

大口径岩盤削孔工法の積算

平成26年度版

∞ ∞ ∞ 改訂・発刊のご案内 ∞ ∞ ∞

平成26年5月 一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

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

本協会では、平成24年5月に「大口径岩盤削孔工法の積算 平成24年度版」を発刊し、関係する技術者の方々に広くご利用いただいております。

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準及び建設機械等損料算定表等が改正され、平成26年4月1日以降の工事費の積算に適用されること等に伴い、当協会では、内容をより充実し、また解りやすく説明した「**大口径岩盤削孔工法の積算 平成26年度版**」を発刊致しました。

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

敬 具

◆ 内 容

平成26年度版の構成項目は以下のとおりです。

第1編 適用範囲

第3編 アースオーガ掘削工法の標準積算

第5編 ケーシング回転掘削工法の標準積算

第2編 工法の概要

第4編 パーカッション掘削工法の標準積算

第6編 建設機械等損料表

◆ 改定内容

平成24年度版からの主な改定事項は以下のとおりです。

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

● A4版／約250頁（カラー写真入り）

● 価格

一般価格：6,048円（本体5,600円）

会員価格：5,142円（本体4,762円）

※ 送料は一般・会員とも

沖縄県以外 500円

沖縄県 350円（但し県内に限る）

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



◆ 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)		大正 昭和 平成 年 月 日
機関誌の送付先	A. 勤務先 B. 自宅 (ご希望の送付先に○印で囲んで下さい。) ※「勤務先」に送付の場合は下記(A)の項目に、「自宅」に送付の場合は下記(B)の項目にご記入下さい。	
(A) 勤務先名		
(A) 所属部課名		
(A) 勤務先住所	〒 TEL _____ E-mail _____	
(B) 自宅住所	〒 TEL _____ E-mail _____	
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。○拠出金の不返還: 既納の会費及びその他の拠出金品は原則として返還いたしません。

【個人情報の取扱について】

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

No	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	H26 年 6 月	よくわかる建設機械と損料 2014	5,616	4,752	500
2	H26 年 5 月	平成 26 年度版 建設機械等損料表	7,920	6,787	600
3	H26 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 26 年度版	8,640	7,344	600
4	H26 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 26 年度版	6,048	5,142	500
5	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
6	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	972	864	250
7	H25 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 25 年度版	8,640	7,344	600
8	H25 年 3 月	日本建設機械要覧 2013 年版	52,920	44,280	900
9	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
10	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,240		400
11	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,240		250
12	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,160	1,851	400
13	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,376	2,160	400
14	H21 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,085	2,057	500
15	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,024	2,560	500
16	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,086		500
17	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
18	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック（除雪機械編）	1,029		250
19	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」（除雪編）	5,142		600
20	H15 年 7 月	道路管理施設等設計指針（案）道路管理施設等設計要領（案）	3,456		500
21	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
22	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
23	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
24	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	540		250
25	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
26	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
27	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
28	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,320		500
29	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,700		400
30	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
31	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,160	1,944	400
32	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,172	5,554	500
33	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,229	7,714	500
34	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,079	9,565	600
35	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック【POD 版】	10,800	9,720	500
36	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
37		建設機械履歴簿	411		250
38	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。

建設業の海外展開, 海外における建設施工 特集

3	巻頭言	ゼネコンの海外展開	松井 波夫
4	行政情報	日本高速道路インターナショナル(株)における海外道路事業の展開	山口 修一・中尾 祐・斉藤 宏
8	行政情報	JICA における海外インフラ展開	紺屋 健一
15	行政情報	(株)国際協力銀行 (JBIC) の海外インフラ事業展開支援	(株)国際協力銀行 企画・管理部門 経営企画部 報道課
19	ノンタブリ橋建設工事	タイ初のエクストラロード橋プロジェクト	高橋 克行
25	トルコボスポラス海峡横断鉄道トンネルにおけるシールド施工	岩盤泥水シールドの掘進と沈埋トンネルとの海底下直接接合	今石 尚・長光憲一郎
34	貫通	東南アジア最長 44.6 km : パハン・セラングル導水トンネル	河田 孝志・仲野 義邦・岩野 健
41	台湾における地下鉄工事への取り組み		中島 健一
46	ネパール国シンズリ道路建設事業	日本の山岳道路建設技術の粋を集めて完成した無償資金協力援助最大級の事業	藤澤 博・田内 宏明・笠原 慶
52	ベトナムハノイ市における交通インフラ整備	工期短縮への取り組み	向市 博昭
56	鉄筋付鋼製型枠工法による作業の軽減化	キリバス ベシオ港拡張工事	阿南 正典・木之下一也
61	ベトナムハノイ市都市鉄道整備事業支援		長谷川 収良
65	外地の機械化施工		岡本 直樹
72	交流の広場	安全な水への挑戦 ベトナムで初の高度浄水処理設備導入	矢山 将志
75	交流の広場	サウジアラビアの海水淡水化技術の課題とこれからの展望	松井 康弘
79	ずいそう	歴史探訪	久保田正春
80	ずいそう	自家用飛行機は、異次元の感動	小型飛行機の操縦は、日々の生活雑踏を忘れさせる、最高のリフレッシュ
81	JCMA 報告	平成 26 年度 建設施工と建設機械シンポジウム開催報告 (その 2)	野村 達夫
85		放射線環境下における建設機械の自動運転システム	三浦 悟・黒沼 出・浜本 研一
91	部会報告	除雪機械の変遷 (その 6) 除雪トラック (2)	除雪機械技術委員会
99	部会報告	ISO/TC 127/SC 2/WG 22 (ISO 17757 土工機械—自律式機械の安全)	
102	部会報告	2014 年 9 月オーストラリア連邦パース市国際作業グループ会議報告	標準部会
103	部会報告	千住関屋現場見学会	建設業部会
103	新工法紹介		機関誌編集委員会
107	新機種紹介		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	(2015 年 2 月)	
116	編集後記		藤内・大塚

◇表紙写真説明◇

ボスポラス海峡横断鉄道トンネルにおける
シールド施工

写真提供: 大成建設(株)

イエニカプ地下駅を発進した TBM2 号機がシルケジ地下駅となる NATM トンネルに到達し、その坑内への引

き出しが完了した状態。これから発進後 2,146 m の岩盤を掘進したシールド機のカッター面盤を補修し、再発進からボスポラス海峡下に沈設された沈埋トンネルまでの 969 m の掘進に備える。駅区間 (225 m) はシールド機を連続した架台に載せ、その上をスライドさせて通過するが、この時点で架台は完成していない (写真手前方向に向けて架台が延びる予定)。

情報化施工により東日本大震災の復興を支援

施工部会情報化施工委員会(委員長:植木睦央 鹿島建設株式会社東京建築支店機材部)は、情報化施工を通じ災害に強く信頼性の高い復興事業を実現できるように被災3県の施工者や発注者などを支援することとしました。

まずは、一般社団法人日本建設機械

施工協会のサイトに復興支援のためのホームページを立ち上げ、情報化施工に対する疑問や現場での困りごとについての相談に応えていくこととしました。次に、復興事業において情報化施工を取り入れ、自社のレベルアップを図ろうと考える施工者を、被災3県の

中から募り、業務受注後から竣工までをトータルサポートしていくこととしています。

<http://www.jcmanet.or.jp/sekou/hukkou/index.html>

第61回 欧州建設機械施工視察団 団員募集のお知らせ INTERMAT 2015 (パリ)

建設機械及び建設資材等の国際的な展示会“INTERMAT 2015”がフランス・パリで開催されます。当協会では本年度も、下記要領により海外視察団参加者を募集致します。関係各位におかれましては、国際的な建設機械の動向をキャッチし、ヨーロッパの基盤整

備状況を視察することにより、今後の事業展開に役立つものと思われまふ。視察期間:4月19日(日)~25日(土)(5泊7日)視察地:パリ・ミラノ参加費:385,000円(空港税等別)募集締切:3月13日(金);終了

詳細問い合わせ先:
一般社団法人日本建設機械施工協会
担当 森川
TEL 03-3433-1501
<http://www.jcmanet.or.jp/>

第27回 日本建設機械施工大賞 ご案内

1. 表彰の目的

大賞部門は、建設機械及び建設施工に関連する技術等に関して、調査・研究、技術開発、実用化等により顕著な功績をあげたと認められる業績を表彰します。地域賞部門は、地域に根ざした独自の視点に基づき、従来の施工方法・技術の改良、地域普及などの取り組みを通じ、地域へ貢献している業績を表彰します。いずれも国土の利用、開発、保全並びに経済・産業の発展に

寄与することを目的とします。

2. 表彰対象

本協会の団体会員、支部団体会員、個人会員又は関係者のうち表彰目的に該当する業績のあった団体、団体に属する個人及びその他の個人。

3. 表彰の種類

最優秀賞、優秀賞、地域貢献賞、選考委員会賞

4. 応募

1月30日(金);終了

5. 選考

本協会が設置した「日本建設機械施工大賞選考委員会」で選考致します。

6. 表彰式

本協会第4回通常総会(5月28日(木))終了後に行います。

詳細問い合わせ先:

一般社団法人日本建設機械施工協会
本部 阿部
TEL 03-3433-1501
<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>

巻頭言

ゼネコンの海外展開

松井波夫



世界の建設市場は、世界経済が成長するなか拡大基調にある。新興国の経済成長、米国経済の復調等に伴い、世界経済は穏やかな回復基調にあり、今後も世界のインフラ需要は順調に拡大することが予想される。わが国建設企業の海外建設活動は、東南アジア新興国における社会資本整備の積極的な推進、日系企業からの継続的な受注、進出先現地の民間企業等からの受注等が堅調に推移し、2009年度を底として、2011年度には1兆円を回復し、その後、順調な拡大基調の中で推移している。

また、政府は、わが国成長戦略の柱の1つとしてインフラ輸出戦略を策定し、わが国のインフラ・システムの海外展開を拡大する目標を設定しており、これに伴い建設分野においても政府の積極的な支援などによる官民一体となった取組みにも期待が高まっている。このような状況の下、わが国建設業の海外におけるビジネス機会は拡大するものと予想される。

わが国建設業を取り巻く現在の環境は、デフレ脱却と本格的な景気回復に向けての期待の高まりを背景に改善してきている。国内建設市場は、政府の国土強靱化対策の動き、東日本大震災の復興加速化、東京五輪の開催決定、民間設備投資の堅調な推移等から、人材や資機材の不安要素はあるものの、短期的には経営環境も大幅に改善されている。

しかしながら2020年東京五輪後を見通すと、内需は縮小すると思われ、今こそ、先を見据えた着実な企業体制を強化する必要があると思われる。

今後、わが国建設業の海外活動は、積極化していくと思われるが、海外事業はまだ多くの課題やリスクを抱えているとともに、世界のインフラ需要の増大とともにグローバルな競争は激しさを増している。特に、海外事業は、契約の不履行や資金回収問題など損益に直結した多くのリスク要因もはらんでいる。

このような状況下、海外における安定的で持続的な受注及び収益力の確保向上を図るためには、的確な情報に基づく機動的な事業推進及びリスク管理体制の強

化、海外要員等の人材育成の強化、地元根付いた活動や現地企業との連携の強化、事業価値の高い案件の発掘等、戦略的な取組みが不可欠である。さらに、エネルギーや環境面を含めた持続可能性を追求する課題への取組み、企業間連携、M & A等の経営管理手法の検討、PPP事業等における参加・連携手法の検討等、既存事業からの活動範囲の拡大充実に向けた対応も急務となっている。

また、わが国政府開発援助（ODA）における建設分野の取組みは、これまで、その特性を活かしながら積極的に関与することにより、開発途上国の国づくりや人づくりに協力し、地域の社会・経済発展に一定の貢献を果たしてきており、今後も期待は大きいものがあるが、わが国ODAの予算が減少傾向にある一方、円借款を中心とした案件のわが国建設業の受注率が低下している。さらに、片務的契約や税金問題などから、利益の確保が難しい案件も見られる。

特に、海外事業を遂行する上で必要となる海外要員は、近年、高齢化、団塊世代の定年などから、中堅、若手社員を中心に不足しており、海外要員の確保・育成は喫緊の課題となっている。特に、海外工事は、国内とは大きく違った、文化、気候、習慣及び仕組みなどの中で工事を進めて行くもので、問題が発生した際に、自らが適切に対応し、問題解決を主導するための判断力及び実行力を有する人材、プロジェクトマネージャーが国内以上に重要となっている。

さらに、近年、邦人が巻き込まれる海外での事件・事故が多発する状況下、円滑な事業実施にとって海外勤務者、海外渡航者に対する安全対策や危機管理の対応は、従前にも増して重要な取組みとなっている。

今後の海外市場の見通しは、アジアなど新興国を中心に市場の拡大が期待されるほか、堅調な経済を背景とする米国市場への期待が高い。

特集>>> 建設業の海外展開、海外における建設施工

行政情報

日本高速道路インターナショナル(株)における
海外道路事業の展開

山口 修一・中 尾 祐・斉 藤 宏

JEXWAYは、海外における道路事業への参画を行い、日本の高速道路技術を活用して海外の対象国の発展に寄与することを目的として、2011年にNEXCO東日本、NEXCO中日本、NEXCO西日本、首都高速、阪神高速の5社により設立された会社である。設立以来、アジア諸国等において有料道路事業への参入検討を進め、2014年末にインドネシアにおける高速道路事業への参入を果たした。今後インドネシアにおいて更なる事業展開を図るとともに他のアジア諸国等での事業参入を目指す。今回はJEXWAYの事業概要と今後の展開について報告するものである。

キーワード：JEXWAY、高速道路、海外プロジェクト、インドネシア、アジア、PPP

1. はじめに

日本高速道路インターナショナル(株) (英語名：Japan Expressway International Co. Ltd.、以下JEXWAY)は、高速道路会社各社が長年の経験で培った有料道路に関する企画・設計・運営・維持管理のトータルマネジメントの技術・ノウハウを海外の有料道路ビジネスにおいて発揮することを目的として、NEXCO東日本、NEXCO中日本、NEXCO西日本、首都高速、阪神高速の5社の共同出資により、海外道路投資事業を実施するための新会社として2011年に設立された。

JEXWAYは設立以来アジア諸国を中心に有料道路事業参入に向けて調査検討を進め、2014年12月に、インドネシア、ジャカルタにあるビンタロースルボン高速道路を運営する事業会社の株式を一部取得した。これにより、ビンタロースルボン高速道路事業に参画するだけでなく、インドネシアにおける更なる事業展開を図るとともに、引き続き他国の道路事業案件への参画についても検討を進めている。

2. JEXWAYの経営方針について

JEXWAYは、高速道路会社が持つ経営資源（高速道路の調査、計画、設計、建設、管理運営等の技術、ノウハウ）及び日本が有する包括的支援力を最大限活用して、高速道路事業に関するトータルソリューションを提供するとともに、各国・地域と協同して高速道路事業を展開することによって、日本を含む国際社会・

経済の持続的発展・成長に寄与することを基本理念としている。

この経営理念を実現するための経営ビジョンとして以下の3点を掲げている。

- ①日本唯一の海外道路インフラ事業の実施会社として、高速道路5会社との共同体制で海外道路事業を展開し、世界から信頼される自立した企業を目指す。
- ②日本を代表して、高速道路5会社はもとより日本の官民技術やファイナンス力を結集し、各国、地域において日本の道路技術による模範プロジェクトを展開する。
- ③各国での高速道路整備を通じて、地域の幸福、安定、成長と地球環境の保全に貢献する。

また、JEXWAYの存在意義としては以下の4点が挙げられる。

- ①世界最大規模の有料道路運営体である日本の高速道路会社が協同で新会社を通じて「有料道路の調査・計画から維持管理までのトータルマネジメント」の技術やノウハウを、海外有料道路ビジネスにおいて発揮する。
- ②各高速道路会社の持つ経験やノウハウを共有すること、またコンソーシアム形成の際に窓口を一本化することで、効果的な政府支援が得られるとともに海外市場への訴求力が増すことが期待できる。
- ③高速道路5会社が一体となることにより、資金力及び人材面においてスケールメリットが生じ、事業参画の幅が広がると同時にリスクの軽減にも繋がり、結果として日本企業の進出の一助となる。

④海外有料道路事業において技術を発揮することにより、結果として強みである道路会社各社の技術レベルの維持につながる。

なお、実際の事業の展開にあたっては、日本国政府やJICA、海外交通・都市開発事業支援機構株式会社(JOIN)などの関係機関とも密接に協力し、諸外国における道路事業を通じて、当事国の発展と合わせて、関連する日本企業に貢献することも重要な使命である。

3. 今後の事業展開

(1) 事業展開方針

現在JEXWAYにおいては、すでに契約を行ったインドネシア国ビンタロースルポン高速道路案件に続くべく、アジアやアメリカヨーロッパ等、幅広く道路案件への参画を目指して検討を行っている。

その際の事業展開方針については以下のとおりである。

- ・海外政府関係機関との覚書締結、セミナーの実施などを通して各国との連携を推進

JEXWAYでは、海外道路事業への参入や技術協力などを目的とする覚書を各国と締結している。これまでにフィリピン(2012年5月10日)、カンボジア(同年7月19日)およびミャンマー(同年12月10日)政府関係機関と道路事業に関する技術協力および情報交換に係る覚書を締結し、情報収集を行っている。

- ・関係機関との連携による新規投資事業の発掘

高速道路会社、国及び関係機関と連携を図り、広く新規の道路投資事業案件の発掘を行う。

- ・信頼できるパートナーの獲得

道路事業に参入するためには、リスクの低減のため特に当初においては道路事業参画のパートナーとなるべき機関や投資会社が必要で、今までの組織間の繋がりなどを足がかりに各高速道路会社の協力も得つつ、信頼できるパートナーを探す。

- ・JICA、JOINとの連携

道路事業参入に必要なFS調査実施やプロジェクトに必要な資金を調達するためにJICAやJOINの制度を活用する。

- ・参入した事業の確実な運営

事業運営を通じて日本の道路事業維持管理技術のノウハウを供与すると共に、さらなる技術力強化に向けた連携の強化を図ってゆく。

(2) 事業エリア

事業エリアとしては、今回参入を行ったインドネシアのようにかねてから高速道路会社が培ってきた良好な関係や地理的・文化的要因を考慮して、アジアの途上国とするが、まだ事業参画の件数が少ない当面の段階においては、すでにPPP事業を多数行っている北米、ヨーロッパなどの先進国、中進国についても事業参画のためのノウハウの取得など、事業参画の意義がある場合には参入の検討を行う。

(3) ビジネススキーム

JEXWAYは他のパートナーとともに各プロジェクトごとにSPC(Special Purpose Company)を立ち上げ、Project Financeの手法によりSPCの事業資金を調達し、SPCのスポンサーとしてプロジェクトからの利益を享受する。一方、高速道路会社は、JEXWAYへの出資及び融資からの配当及び利息により収益を上げる構造となる。

JEXWAYは、これに加えて参画プロジェクトにおける設計・維持管理に関する監理やアドバイザー業務、パートナー会社と協働での維持管理業務の実施についても目指すものとする。

また、道路事業への参加の形態としては、道路の計画段階から参画し、SPCの立上げを行い、設計・建設・維持管理までを行うグリーン案件への参画を基本とするが、基本理念に沿う事業参画の意義が明確である場合には、すでにSPCが設置され建設や維持管理などの事業が進んでいるブラウン案件についても参画を行う。

図-1にSPCを中心としたプロジェクト関係者間の相関を示す。ここでJEXWAYの役割は、SPCに出資して配当を得るというものだけではなく、先述したようなその強みを直接的またはSPCを通して事業の各段階において生かすことにより、プロジェクトの質を高める役割を担うことが重要となる。

4. インドネシア ビンタロースルポン高速道路事業参入

(1) インドネシアの道路PPP事業

インドネシアでは1978年に高速道路事業を行うジャサマルガが国の機関として設立され整備を進めた。1990年前後からインフラ整備に民間投資を活用した整備が進められることとなり、現在高速道路はBOT案件のPPP事業として整備されており、民営化されたジャサマルガ社を始め国有の建設会社、民間の

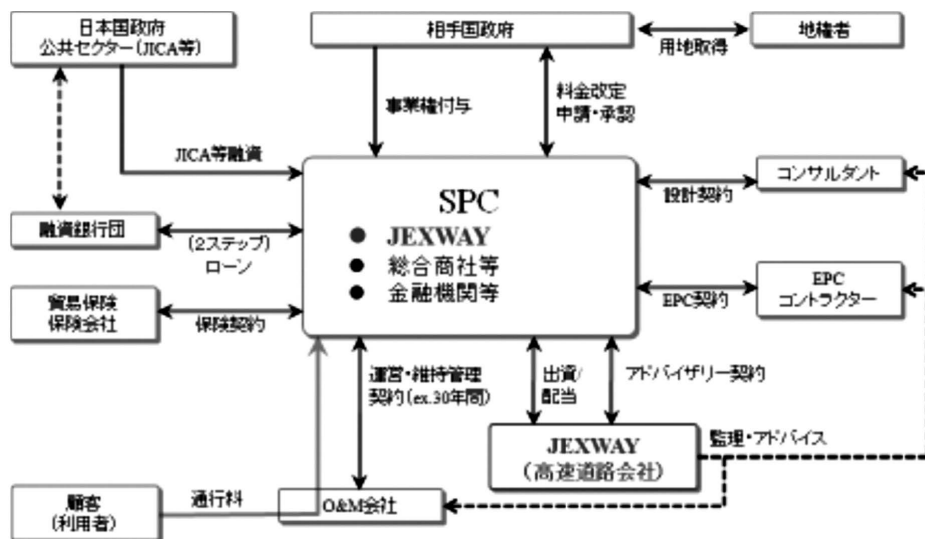


図-1 JEXWAYのビジネスモデル

オペレーターによって整備が進められている。

インドネシアの道路総延長は約50万kmと日本の34万kmを上回るものの、高速道路延長は約820kmと整備が遅れている。今後一層の経済成長を目指す同国にとって高速道路インフラの整備は喫緊の課題となっている。

(2) インドネシアにおける道路事業参入

JEXWAYは、2014年12月、NEXCO西日本とともにビンタロースルボン高速道路を運営するPT Bintaro Serpong Damai（以下「BSD社」）の株式約4%を取得し、インドネシアの道路PPP事業に参入した。なお本参入は日本の高速道路会社として初めてのインドネシアにおける道路事業参入となる。

本案件は、日本の高速道路技術に高い関心を示すPT Nusantara Infrastructure Tbk.（以下「NI社」）との間で2013年6月に事業参入調査への協力に係る覚書を締結し、協議を重ね、2014年11月にNI社の

傘下の有料道路運営会社であるBSD社の株式取得に係る契約調印を経て、最終的に同年12月に株式を取得したものである。

NI社はインドネシアにおけるインフラ事業の運営会社で道路、港湾、水道、エネルギー、通信の分野で事業を行っている。NI社はジャカルタ首都圏で2路線、スラベシ島マカッサル市内で2路線の計4路線の道路事業を行っており、道路事業運営は15年以上の経験と実績を持っている。

ビンタロースルボン高速道路は、ジャカルタ首都圏においてジャカルタ市域とその郊外にあり新興住宅地として開発が進むタンゲラン市スルボン地区を結ぶ延長7.25kmの有料道路である。片側3車線、上下6車線の道路でインターチェンジ2箇所、休憩施設1箇所を有する。交通量は2013年実績で84,665台/日となっている。供用開始は1999年で、BSD社が持つコンセッション期間は2028年までとなっており、コンセッション期間が満了すれば、道路はインドネシア政府に引き

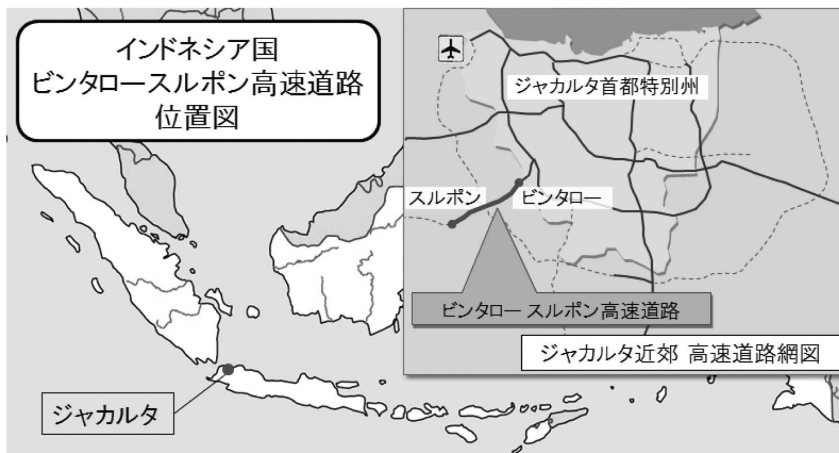


図-2 BSD高速道路位置図

渡されることとなっている（図—2）。

今回の BSD 事業への参入は小規模なものであるが、ヌサンタラ社をパートナー会社として連携を深めることにより、今後の成長が期待できるインドネシアへの道路事業参入の足がかりとし、PPP 事業運営の知識やノウハウの習得及び蓄積、今後の事業展開の促進につながるパイロット事業として捉えている。また技術連携により日本の高速道路会社がこれまで培った高速道路事業における総合的なノウハウや技術を提供しインドネシア道路事業に貢献したいと考えている。

5. おわりに

JEXWAY は待望の海外高速道路事業参入を果たしたが、今後さらなる事業の展開に向けて各高速道路会社の支援を得ながら精力的に調査を進めているところである。今後は高速道路会社をはじめとする各方面の関係機関と協力して有料道路インフラ輸出を拡大し、我が国を含めた国際社会・経済の持続的発展・成長に寄与することができるよう努力してまいりたい。

J C M A

【筆者紹介】

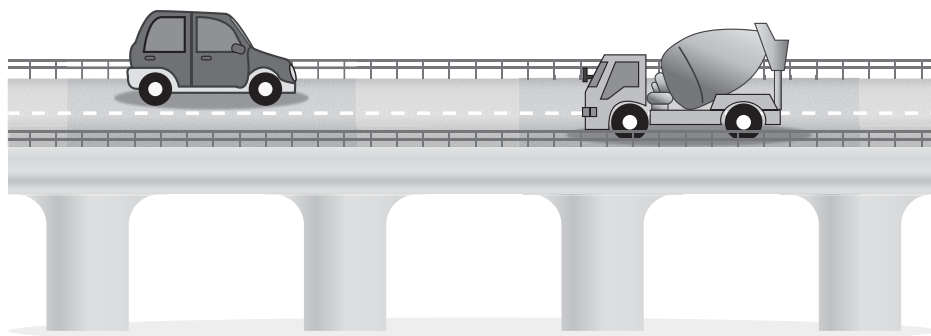
山口 修一（やまぐち しゅういち）
日本高速道路インターナショナル(株) (JEXWAY)
経営企画部長



中尾 祐（なかお ひろし）
日本高速道路インターナショナル(株) (JEXWAY)
プロジェクト第二部長



斉藤 宏（さいとう ひろし）
日本高速道路インターナショナル(株) (JEXWAY)
プロジェクト第三部長



行政情報

JICA における海外インフラ展開

紺 屋 健 一

開発途上国においてインフラは貧困削減と経済成長を支え、国際的な議論においても、防災などの観点からその重要性は高まりつつある。JICA は長期に渡り重点的にインフラの支援を行ってきたが、近年では我が国政策を踏まえ更なる海外インフラ展開を進めている。支援にあたっては、国際的な協調や競合が求められ、事業実施段階においても、計画、資金調達、施行、運営、維持管理のそれぞれについて課題がある。今後、海外インフラ展開に際しては、経済的な利益の獲得に加え、開発途上国での新たな技術を獲得し、これを我が国のインフラ改善に還元するなど視野に入れていくことが必要と考えられる。

キーワード：開発途上国、国際協力、海外インフラ展開、質の高い成長、JICA（独立行政法人国際協力機構）

1. はじめに

独立行政法人国際協力機構（JICA）は我が国の政府開発援助（ODA）を行う実施機関である。設置後約 40 年間、一貫して開発途上国におけるインフラについて協力を行ってきたが、近年は日本再興戦略などの政策課題に対応し、積極的に海外インフラ展開を推し進めている。本稿では、これらの概況と共に事業における様々な課題や方向性について紹介し、我が国のインフラ関係者が海外展開する際の一助としようとするものである。

2. 開発途上国におけるインフラの役割

(1) インフラの役割にかかる国際的な議論

我が国において「コンクリートから人へ」といった議論がなされたように、開発途上国においても、インフラは常にその必要性を説明していくことが求められる。開発途上国政府は人口増加や経済成長を支えるために運輸交通やエネルギーなどのインフラを優先して整備しようとする場合が多い。また、国威発揚のための高速鉄道などの巨大インフラや、地域格差を埋め、国家安定に向けたインフラを整備するなどの場合もある。しかしながら、開発途上国ではインフラ以外にも保健医療、教育といった課題があり、インフラ整備のためには、国際的な開発目標と合致した事業とし、国際社会からの支援を得ることが必要となる。

国際的には、1980 年代頃までは、開発途上国におけるインフラは経済成長を支えるものと捉えられてきた。しかしながら、経済が成長しても国内での格差が拡大し、貧困が十分削減されないといった反省があった。このような流れのなか、2000 年に国際的に共通の開発目標として設定されたのが「ミレニアム開発目標 (MDGs: Millennium Development Goals)」である。ここではインフラよりも貧困、乳幼児死亡率などの生命・健康、教育などが優先的目標とされた。MDGs は本年の達成を目標としており、現在は次の目標として、「持続的な開発のための目標 (SDGs: Sustainable Development Goals)」が 2015 年の国連総会での採択に向け議論されている。ここでは MDGs の進展を受けて、再度経済成長が着目され、現時点では全 17 の目標に、エネルギーや水、強靱なインフラなどが含まれる見込みである。

(2) インフラ整備方法にかかる国際的な議論

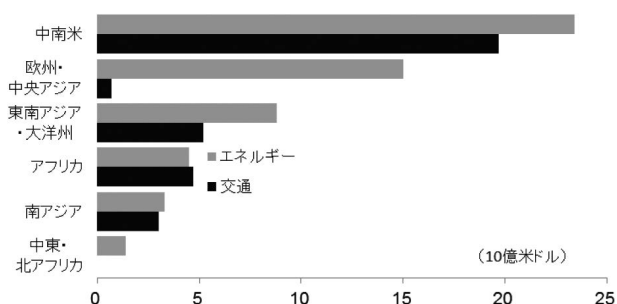
国際機関や開発援助機関はインフラ整備のための資金や技術を供与しつつ、そのあり方を探ってきた。これらの機関を大別すると、①経済協力開発機構 (OECD) などの国際機関、②世界銀行やアジア開発銀行など主に資金の貸付を行う開発金融機関、③主に技術協力を行う国連開発計画などの国連機関、④貸付、無償資金協力、技術協力の一部あるいは全部を行う米国国際開発庁や JICA などの二国間援助機関となる。これらの主に先進国を主体とする機関が従来イン

表—1 経済協力開発機構（OECD）による ODA のルール
（出典：OECD ホームページより筆者作成）

1. ODA の定義
(1) 公的機関による援助であること
(2) 開発途上国の経済開発と福祉を主たる目的とすること
(3) 援助が譲許的（贈与比率 25% 以上であること）
2. ODA の供与条件
後開発途上国向けの援助の調達先を限定しないこと
3. プロジェクトの評価
プロジェクトは妥当性、有効性、効率性、インパクト、持続可能性の観点で評価すること

フラプロジェクトを含む開発援助全体の評価方法、融資・契約条件などについて共通のルールを設定してきた。しかしながら、近年は新興国や開発途上国の声が大きくなり、従来の枠組みに変化が生じる可能性もある。例えば、昨年設置されたアジアインフラ投資銀行は、OECD に加盟していない中国が主導し、巨額の資本金（12 兆円）により影響力を及ぼす可能性がある。ブラジル、ロシア、インドなど BRICS による銀行も 2016 年から融資を開始見込みであり、動向を注視する必要がある（表—1）。

また、整備方法にかかる大きな課題である資金調達は、従来政府による公共事業として行われ、ODA が主な財源であった。しかしながら、膨大なインフラ需要への対応のためには民間資金が必要との議論も多く、エネルギーや交通分野の PPP（Public Private Partnership）投資額は中南米ではそれぞれ 200 億ドルを超えるが、アジア、アフリカにおいては未だ成功例を増やす途上にある（図—1）。

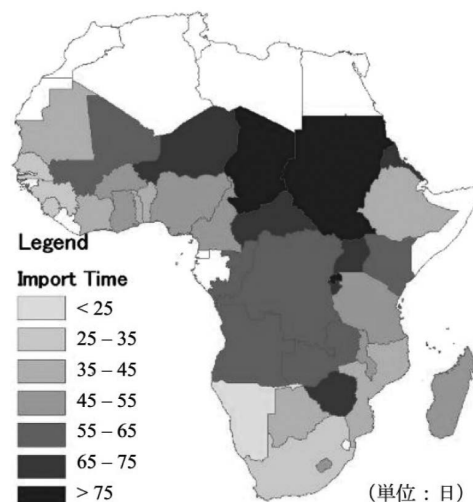


図—1 交通・エネルギー分野の地域別 PPP 投資額 (2013 年)
（出典：世界銀行 PPIAF データベースより筆者作成）

同様にインフラ整備の大きな課題である環境社会配慮は、従来は援助機関が定めるルールに基づくよう相手国に求めてきたが、相手国のルールを尊重する仕組みに変更すべきとの議論もなされている。

(3) インフラ整備にかかる国際的な協調

インフラは事業規模が大きいため、従来から融資



図—2 アフリカ各国での輸入平均日数
（20 フィートコンテナを港湾から輸送する際の日数）
（出典：JICA クロスボーダー交通インフラ対応可能性研究フェーズ 3）

額や責任を分担する協調融資や事業段階毎の役割分担などの協調が行われてきたが、近年はこれらに加え、国を超えた広域での展開のために、更なる国際的な協調が必要になりつつある。例えば、国境を越える物流が活発化する中で、アフリカでは国境での物流円滑化のために手続きのワンストップ化が取り組まれている。また東南アジアのメコン地域においては、国境を越える度に、車両重量規制が異なりトラック貨物の積み替えが余儀なくされる状況の改善等が求められている。このように当事国間の調整やそのための諸外国の協力の必要性も拡大している。また国や地域を越えたインフラの整備を戦略的に推進する例も見られる。例えば、中国はシルクロード経済圏構想を掲げ 4.5 兆円の基金を設立し、自国からウィーンまでの陸路、ベルギーまでの海路を援助を用いつつ整備しようとしている（図—2）。

(4) インフラ整備にかかる国際的な競合

インフラ整備については、国際的な協調の一方で競合も激しくなりつつある。援助機関、企業は優良案件への支援や投資先の確保を図り、自国企業に有利な条件を設定するなどの動きもみられる。

インフラ整備や運営の事業者の選定は基本的には価格競争で行われる。中国企業は安い人件費や実績重視での低価格で応札し、欧米も独占的な企業が規模を活かすことでコスト競争力は依然として高い。価格に加えて施設の仕様や工法、環境社会配慮などを重視する場合もある。また価格競争の場合にも、その対象を施設建設のみならず運営によるサービスの提供とする事例も増加しつつあり、PPP はこの形式となることも

多い。これは欧米は自国内で民営化している鉄道や水道などの運営経験の活用を図り、開発途上国側も運営ノウハウがないことなどによる。我が国においては、サービス水準の設定や諸条件を契約に落とし込む経験等を蓄積する段階にある。これまで我が国は技術面では差別化を図り、本邦企業のみが競争に参加できる仕組みを適用するなどの方策をとってきたが、技術格差が縮小し、他方で価格差が大きい中で、相手国からの理解は得にくくなりつつある。

しかしながら、過度な価格競争を回避しつつ、質の高いインフラを形成していくためには別の選択肢もあり得る。例えば、インドネシアやベトナム初の都市鉄道については、我が国が10年前にマスタープランを策定し、その後計画・設計を行い、現在本邦企業により施工中である。このようにマスタープランによりプロジェクトを発掘し、相手国との信頼関係を着実に構築し、長期間に渡る支援により圧倒的な情報量を得て、我が国企業も十分な準備を行ってきた結果、我が国による一貫した質の高いインフラが実現したものと考えられる。

以上のように、我が国は厳しい競争環境を乗り越えていかなければならず、コスト競争力の向上や運営段階の海外展開ノウハウの蓄積、着実な案件発掘などが必要である。またこれらに加え、国際的な議論に我が国の価値観や方向性を反映させていくことも必要となる。

(5) 民間の動向

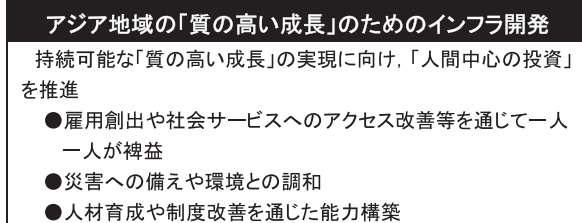
PPPなど民間企業によるインフラ整備・運営への参画は国際的な潮流となっている。海外展開が進むスペインでは国内で1960年代から道路建設・運営について競争入札によるコンセッションを行っており、その経験を海外に適用している。同国Cintra社は米国シカゴスカイウェイを99年の条件で運営（契約開始時に2,000億円を支払い）、Abertis社は、アルゼンチン、ブラジルなど中南米で約4,000kmの実績を有する。他方で我が国は、国内ではNEXCOを除けば、民間企業が建設・運営を行っているものはほぼなく、国内におけるPPPの更なる経験蓄積も必要である。

一方で、開発途上国では法制度や計画が不十分なことなどにより、PPPで対応可能な案件は限られる。公共側にて整備するインフラについては、我が国が行ってきた特別会計などの安定的財源にて、長期的な計画に基づき整備していく方法は誇るべきと考えられ、このような仕組みについても従来以上に推進していく価値があると考えられる。

(6) 日本国政府の動向

我が国は伝統的にインフラに対して大きな割合で支援を行ってきた。この理由としては、我が国の急激な発展をインフラが支えてきたとの自負、優れた建設技術などが挙げられよう。また民間のインフラの開発援助に対する要望も他分野に比して圧倒的に大きい。政府もこれら要望に応え、日本再興戦略の下、海外インフラ展開を進めている。

また、我が国の政府開発援助の最上位の政策である新たな開発協力大綱が2月に決定した。ここでは、平和と繁栄への貢献、人間の安全保障の推進、自助努力支援が基本方針として定められた。また質の高い成長が重点課題とされ、包摂性、持続可能性、強靱性を確保すべくインフラへの支援を行うこととされた。この考え方の下で、ライフサイクルコスト（LCC）の重要性、環境社会面への配慮、包括的かつきめ細かいアプローチの手法の適用など、我が国の考える望ましいインフラの主流化に向け、国際社会に訴えている（図—3）。



図—3 質の高い成長・インフラの考え方（出典：外務省ホームページ）

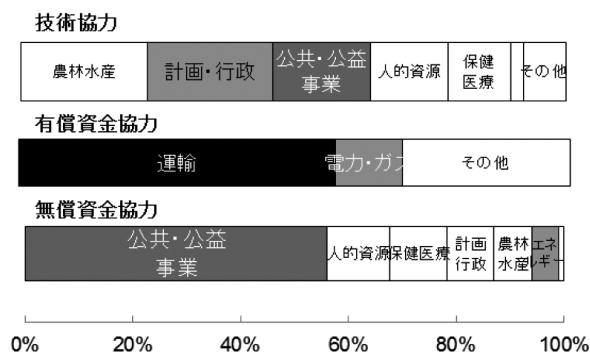
その他、アフリカ開発会議（TICAD）など外交上の重要な枠組みでの議論や気候変動枠組条約第20回締約国会議（COP20）、国連総会で首相が表明した女性が輝く社会など重要課題への貢献が求められる。本年仙台において開催される国連防災会議もインフラにかかる協力の方向性を定めるものとなろう。

3. JICAにおける海外インフラ展開

(1) 実績

我が国によるODA実績は、資金で見ると2013年では総額2兆2,215億円である。その内、JICAが実施するものは約半分の約1兆円であり（技術協力1,773億円、無償資金協力1,158億円、有償資金協力7,498億円）、二国間援助機関としては最大である。人数では、同じく2013年で研修員受入約2万人、専門家派遣・調査団派遣約2万人、青年海外協力隊派遣約1千人である。

これらの内、インフラへの協力は、有償資金協力で



図—4 JICAによる協力実績割合（分野・形態別，2013年度）
（出典：JICA年報）

は運輸交通，エネルギーなどのインフラが5割以上，無償資金協力も同様の傾向である。専門家派遣などの技術協力や青年海外協力隊についてもインフラの重要性は高いが，全体に占める割合は大きくなく拡大の余地があると考えられる（図—4）。

累計では，貸付残高は約11兆円，専門家・ボランティアの派遣は18万人，研修員の受入は50万人を超える。これらの協力の結果，フィリピンの鉄道の51%，インドネシアの港湾の40%がJICAの支援となる。

(2) 方針

JICAの協力方針は，前述の日本再興戦略や開発協力大綱などの我が国政策に基づき，ジェンダーに配慮したインフラなどへも取り組むことが求められる。また実施機関としては，迅速，確実に事業を実施し，不正腐敗を排除することで，援助を必要とする人々の手に確実に届け，人々の生活を具体的に改善させることが必要となる（表—2）。

政策課題としての質の高い成長に向けては，今後，より総合的なアプローチが求められる。従来も質のひとつとしての環境が重視された時期には，環境に配慮した案件の金利優遇や，環境社会配慮の強化が行われ，現在は質の高いインフラとしてLCC（ライフサイクルコスト）にかかる議論がなされているが，今後は質の高い成長に繋がるインフラの優先的実施や，条件優遇などの検討が必要となっていく可能性もある。

また将来的には更に高い質のインフラとして，相手国の文化や価値観を踏まえたものが求められる可能性もあろう。我が国においても社会資本によるQuality of Lifeの研究の蓄積はあるものの，価値観の異なる開発途上国への直接的な適用は困難であり，他国事例の分析を通じ，インフラについて高い見識を養い，開発途上国の国民や企業のニーズを把握し，開発途上国と共に対応策を作り出していくことが必要となる。一方でインフラ単体の性能での優劣ではなく，我々の生

表—2 ジェンダーに配慮したインフラの事例

ICカード利用によるバスの女性客増加
バングラデシュのダッカでバス運賃支払いをICカードで行うことで宗教上の理由により男性係員と接触を避ける女性の利用客が増加。
鉄道への女性専用車両等の設置
インドのデリー高速鉄道において，女性専用車両や防犯カメラ，非常通報装置を導入。
女性の意見の収集・尊重
住民の意見を聞く際には，半数は女性とするなどで女性の意見を確実に収集する仕組みは多くの案件で実施。

活のなかで，質の高いインフラに支えられ当然となっている安全，安心，高い利便性，确实・正確な運営，これらにより実現される勤勉性，快適な生活や価値感も理解してもらうべく発信その他の取り組みも必要と考えられる。海外からの観光客や東京オリンピック等も我が国の良さを体感してもらう重要な機会となると考えられる。

(3) 事業の概要と特徴的な課題

(a) 事業採択

技術協力，有償資金協力，無償資金協力のいずれについても，相手国の要請を受け日本国政府が採択することで実施される。また，JICAとしても，案件の必要性，妥当性，また有償資金協力であれば返済可能性なども含め検討を行い，日本国政府に提言している。他方で，要請を待つのみでなく，相手国と中長期的な方向性を積極的に協議していくような取り組みも進めている。

(b) 政策・構想

当該国における問題や目指すべき方向を特定するために，地域開発計画や都市マスタープラン，道路や電力分野の全国マスタープランなど多数の協力実績がある。また道路や鉄道等の整備・運営のための法制度整備，財源確保や組織設置についても協力を行っている。これらは，学識経験者や省庁，民間コンサルタントなど高い知見を有する我が国専門家により技術協力として行われている（表—3）。

表—3 政策・構想レベルでの協力の事例

法制度整備
モンゴル国にて，移動式住居（ゲル）の集中する地域の住環境改善などを目的に都市再開発法の策定を支援。
財源確保
各国にて道路台帳を整備，道路維持管理の予算案策定を支援。
組織設置
インドネシアの首都ジャカルタにて複数の機関に跨る都市交通計画協議会の設置を支援。

これらの協力の際には、我が国で既に確立されている方法論であっても、その適用には様々な課題がある。例えば、都市交通マスタープランは、我が国同様パーソントリップ調査結果に基づく四段階推計法などを経て策定しているものの、人口データ、補正のための断面交通量などは十分でなく、新たに調査を行う、または他データから推計するなどが必要となる。欧米企業が適用可能性の十分な検討なしにシミュレーションプログラムを意思決定者に売り込み、一貫した計画策定が妨げられる場合などもある。また図-5に示すように都市全体の開発計画の策定では、市民が何に重きを置くのかなどを慎重に確認する必要がある、それにより調査・計画手法も変えていく必要がある。

また国により、技術水準は大きく異なり、その違いに対応した協力が必要となる。フィリピンの交通研究センターでは、我が国が30年以上に渡り、数十人の有識者による協力を段階的に行い、当初の目的である博士号を独自に授与可能となり、自立的に収益も得られるようになっている。

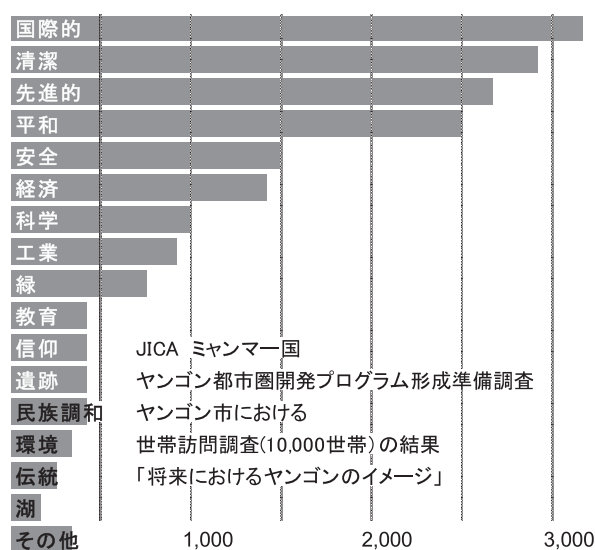


図-5 ミャンマー国ヤンゴン市民の将来の都市のイメージ

(c) 計画・設計

道路や鉄道の計画・設計もフィージビリティ調査などにより多く実施されているが、円滑に行うことは容易ではない。地形・地質条件のデータが不十分であり、我が国のように詳細な設計基準が整備されていない場合も多い。基準に関しては、相手国が米国基準(AASHTO)など他国基準を準用している場合もあるが、自然条件が異なり必ずしも適切とは限らない。過積載車両が日常的に通行しており、基準通りに作るのが適切でない場合もある。現地語で書かれた基準類を翻訳、解釈するのも容易ではない。また、我が国の基



写真-1 住民が土嚢を用い道路を整備
短期間に施工可、雇用創出にも貢献
(出典：JICA ホームページ)

準を用いる場合にも、現在は使われていない簡易舗装の基準を使う場合もある。住民の土嚢による道路整備(写真-1)などでは我が国には基準はなく、その国に応じた方法の策定が必要となる。また鉄道の設計の安全性を証明するためには、我が国の各社の基準では相手国への説明が困難で、英国などによる公開基準に合わせなければならない場合もある。

(d) 施工

施工は、主に有償・無償の資金協力として行われている。発注者は基本的には資金を供与された相手国となり、無償資金協力は本邦企業に限定され、有償資金協力の場合は国際競争入札となる(本邦企業に限定する場合もある)。

事業規模は、無償資金協力では数キロの道路や橋梁など10～20億円(大規模なものは100億円超のものもある)、工期は通常2年程度のものが多く、有償資金協力では100億円程度の道路や1,000億円を超える地下鉄工事など、工期は5～7年程度となる。日本人の常駐管理者は、無償資金協力では、1～数名、有償資金協力では10名程度となるが、現地あるいは第三国からの数百人～千人単位の建設労働者を管理する。

技術面では、トルコのボスポラス海峡トンネルなど難度の高い工事がある一方で、通常の施工であっても難度が低いとは言えない。熟練労働者の確保、労働法や労働基準法がないなかでの労務管理、工事安全、当該工事専用コンクリートプラント建設などの資機材調達、相手国政府が実施すべき工事の遅れなど多くの課題がある。しばしば言われるように契約条件についても、その解釈を巡ってのトラブルもある。このように厳しい条件のなかで、コンサルタント、コントラクターは総合的なマネジメントを行い、工期、安全、品質の確保に取り組んでいる。

(e) 運営・維持管理

インフラは運営され、市民や企業が利用することで初めて効用が生じるものであり、そのために適切な運営、維持管理が必要である。しかしながら、様々な理

由から適切に行われない場合がある。例えば、数年前までインドネシアの首都ジャカルタでは鉄道の上に人が乗り、エアコンが故障すれば、涼しくするためにドアの隙間に小石を詰め、ドアを開け放しにすることもあった（写真—2）。このようなことを回避するために、鉄道の屋根に登らせない、運賃を確実に徴収する、エアコンを常に稼働させるなどの対応が必要となる。高速鉄道については、現在複数の調査を実施しているが、運行や保守管理には数千人規模での人員を開業までに訓練する必要がある。事業化される場合には、そのための大規模な支援も必要となることが想定される。



写真—2 インドネシア国ジャカルタで鉄道の上に乗る人々

このように運営段階での支援の需要は大きく、鉄道や空港分野での協力を行っているが、計画策定段階に比して多い状況にはない。これには、多くの人材が必要なこと、語学面、文化や習慣、法制度の違いなど様々な理由があると考えられるが、近年、その需要は高まりつつあり、事業運営段階に携わる方々の更なる海外進出が期待される。

道路や橋梁分野では、適切な維持管理のための技術協力を多数実施している。鉄道や空港については、現時点では新規整備などの協力が主であり、維持管理についての協力は多くはないが、今後求められることも予想される。

維持管理に限らず、開発途上国においては、予算規模が小さい、技術力も十分でないため、より小さな費用、簡便な方法での対応が求められる。我が国においては、今後道路などの老朽化に伴う維持管理の必要性が高まるなかで、効率的な方法を開発途上国での協力を通じて開発することで、我が国のインフラ運営・維持管理にも貢献できる可能性もあるものとも考えられる。

4. 海外インフラ展開の課題と方向性

海外インフラ展開の課題は、システムとしての展開、契約・商習慣などの理解、人材育成、国毎の課題などが挙げられているが、これらは経協インフラ戦略会議などにおいて既に様々議論されており、ここでは、以下3点を挙げることにしたい。

(1) 更なる積極的な展開

我が国のインフラについては、海外に展開可能なものが未だ多く存在すると考えられる。JICAはそれらの展開可能性を探るために、中小企業との連携やPPP、BOPなど民間連携を行っている。交通分野では、電動バイク販売、バッテリー再生、橋梁長寿命化の検討などが既に採択されている。その他も我が国のきめ細かいニーズや南北に長く多彩な気候条件に対応する技術のなかには開発途上国にも応用可能なものは多く存在すると考えられる。例えば、我が国の高い駐車場整備・運営ノウハウを用いることで、新たな道路整備を行わずに道路容量を拡大でき、安全・防犯対策なども今後需要が拡大するものと考えられる。

(2) 日本の価値観、文化、ノウハウの理解促進

これまで我が国に対する支援要望は、我が国が高い技術力により急激な経済成長を行ったことへの信頼や憧れ、あるいは見返りを求めず、人道支援を中心としてきた信頼によるものが多いと考えられる。しかしながら、技術水準の圧倒的な優位性が薄れつつあり、経済規模もGDPでは中国に抜かれるなか、従来とは異なる方法で日本への信頼、憧れを構築していくことが必要と考えられる。前述の通り安心、安全など我が国では自然に行われている生活を実感・体感してもらい、我が国が有する技術の性能を超えた価値を理解してもらうことなどが必要と考えられる。

(3) 我が国への還元

海外インフラ展開は、我が国が開発途上国の成長から恩恵を得ようとするものであるが、それは経済的側面のみならず、海外の文化を理解、吸収し、また開発途上国においてインフラにかかる技術のイノベーションを起こし、それを我が国に還元することも可能と考えられる。また、今後、国内のインフラ事業の推進の際にも、海外インフラ展開で培った海外企業との事業経験は活用できるとも考えられる。これらを実現するためにも海外への進出を期待したい。

5. おわりに

建設省が名神高速道路の計画のために米国から招聘し策定された有名なワトキンスレポートの勧告の冒頭で「日本の道路は信じがたい程に悪い。工業国にして、これ程完全にその道路網を無視してきた国は、日本の他にない。」とされた時代は開発援助の始まりでもある。それから60年が経とうとするなか、我が国のインフラは既に世界的に高い水準にあり、これまでの経験を開発途上国の支援に活かせる余地は大きい。今後、開発途上国を含む海外において、インフラに求められる役割は更に多様化、複雑化していくことが想定

されるが、開発途上国と我が国の更なる発展に向けて、我が国のインフラに携わる方々が、本稿を通じて海外インフラ展開のイメージを御理解頂き、海外進出、活躍の場の更なる拡大を検討頂ければ幸いである。

J C M A

【筆者紹介】

紺屋 健一（こんや けんいち）

（独）国際協力機構

社会基盤・平和構築部計画・調整課
課長



行政情報

(株)国際協力銀行（JBIC）の 海外インフラ事業展開支援

(株)国際協力銀行 企画・管理部門 経営企画部 報道課

新興国を中心とした世界のインフラ需要を日本の成長に取り込む重要性が「日本再興戦略」（2013 年 6 月閣議決定、2014 年 6 月改訂）等の政策で謳われている中、JBIC は輸出金融や投資金融、海外展開支援出資ファシリティや海外展開支援融資ファシリティ等を活用して海外インフラプロジェクトへの日本企業の参画を積極的に支援している。また、JBIC はその機動性・専門性・対外交渉力を一層強化しつつ、政策対話等の枠組みも活用の上、海外インフラプロジェクトの案件形成初期段階から積極的に関与・支援している。

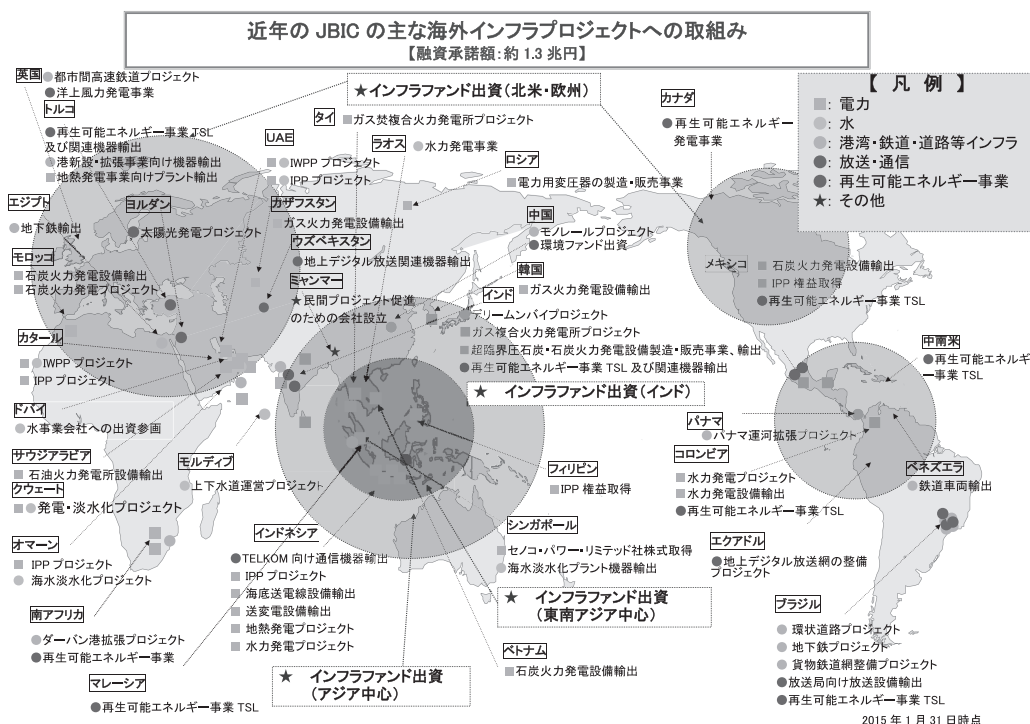
キーワード：海外インフラプロジェクト、政策金融

1. はじめに

人口増加、所得の増加、急速な都市化等により、新興国を中心とした世界のインフラ需要は拡大の一途をたどっており、こうした膨大なインフラ需要を日本の成長に取り込むことが、日本政府の「日本再興戦略」および「経済財政運営と改革の基本方針について」（2014年6月閣議決定）にも盛り込まれている。とりわけ前者は、アベノミクスの「三本の矢」における成

長戦略に相当し、そこでは、実質国民総所得（GNI）の増加が明確な目標として設定されている。海外インフラプロジェクトへの取組みは、輸出の増加、事業投資による海外からの投資収益の拡大および資源関連インフラの整備を通じたエネルギー・資源等の調達条件の改善がGNIの増加に貢献することから、成長戦略においても重要な施策の一つとされている。

JBICは、電力、鉄道、港湾、道路、水関連等さまざまな分野で多くの海外インフラプロジェクトに関

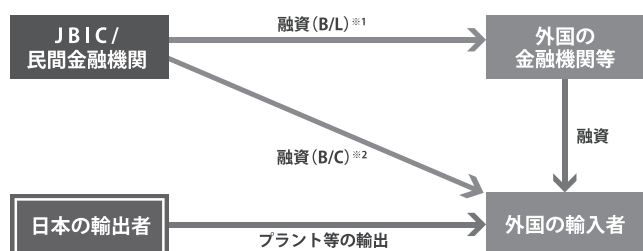


図一 1 近年の JIBIC の主なインフラプロジェクトへの取組み

わってきた経験，これまで培ってきた相手国との信頼関係を活かして，海外インフラプロジェクトへの日本企業の参画を今後も積極的に支援していく。

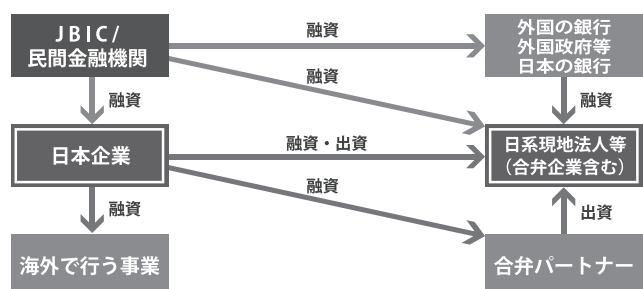
2. 日本企業による海外インフラ事業展開への支援ツール

JBICによる海外インフラ事業展開への主な支援ツールとしては，「輸出金融」及び「投資金融」の下での融資・保証などの支援が挙げられる。



※1 外国の金融機関に対する融資（バンクローン(B/L)）
 ※2 外国の輸入者に対する融資（バイヤーズクレジット(B/C)）

図一 輸出金融を通じたインフラ関連機器輸出支援

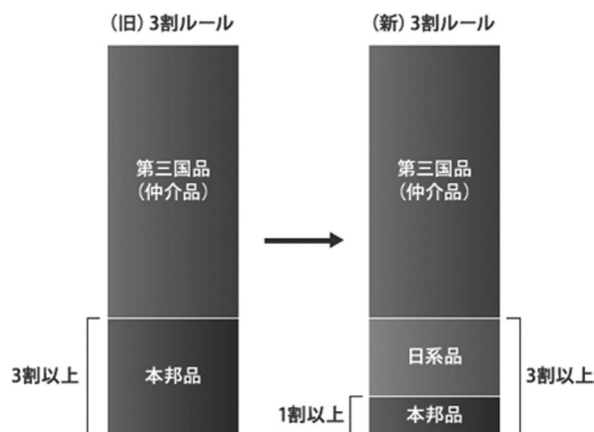


図二 投資金融を通じた海外インフラ事業展開支援

輸出金融では，日本企業からの機械・設備等のプラント機器や技術等の購入に必要な資金を，外国の輸入者に直接又は外国金融機関等を通じて支援しており，JBICは2013年2月より，輸出金融の運用の柔軟化を行った。具体的には，従来，輸出契約額に3割以上の本邦品（日本において生産されたもの）が含まれること等を要件として，第三国品（仲介品）を含む輸出契約全体を融資対象とすることができる運用（3割ルール）としていたが，本邦品を「1割以上」確保し，かつ本邦品と日系現地法人等において生産されたもの（日系品）との合計が，輸出契約額の3割以上を確保すること等を要件に，輸出契約全体を融資対象とすることができるよう，3割ルールを柔軟化した。これらのプラント機器等は，部品製造に携わる中堅・中小企業等関連企業の裾野も広く，国内産業への波及効果も期待される。

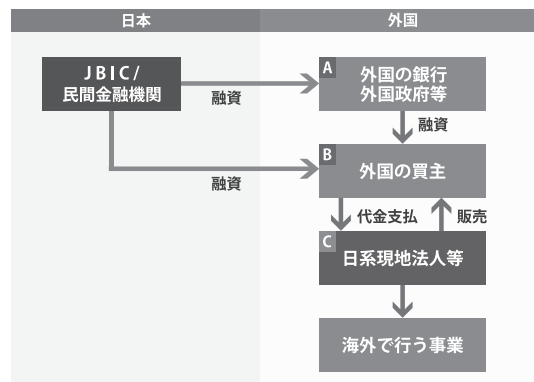
投資金融では，日本企業が海外インフラ事業に出資

【変更イメージ】



図三 輸出金融における3割ルールの柔軟化概念図

参画するような場合の長期資金を主に事業実施会社（J/Vを含む日系現地法人形態のSPC等）向けに支援している。また，近年は，日本企業が機器を海外に販売する際に，日本からの輸出に限らず，第三国の日本企業の現地法人から直接海外の購入者に納品するケースも増えている。こうした取引を支援するため，JBICは，2013年2月より，日本企業の海外現地法人等による第三国への輸出や進出国での販売支援のための投資金融（「ローカル・バイヤーズ・クレジット」）の運用を開始した。これは，外国の買主に対して，同社が日系現地法人等の生産・販売する財・サービスを購入するために必要な資金を融資することを通じて，日本企業の海外拠点での取引を支援することを目的としたものである。また，事業者となる日本企業の為替リスクを軽減するため，従来の米ドル，ユーロのハード・カレンシー建て融資に加えて，その他の現地通貨建て融資にも取り組んでいる。インドネシア・ルピアやタイ・バーツ，メキシコ・ペソといった新興国通貨についても拡大し，現在出融資・保証業務における取り扱い現地通貨は11通貨（米ドル，ユーロを加えると13通貨）である。



A、B、Cの所在国が異なる場合もローカル・バイクレの適用が可能。

図四 ローカル・バイヤーズ・クレジット概念図

輸出金融、投資金融共に、インフラ関連を含む特定の分野については先進国案件の場合にも適用可能である^{1, 2}。更に融資・保証に加え、JBICは、アジアや北米・欧州地域等を対象としたインフラファンドへの出資やインフラ事業実施会社への出資等も行っている。

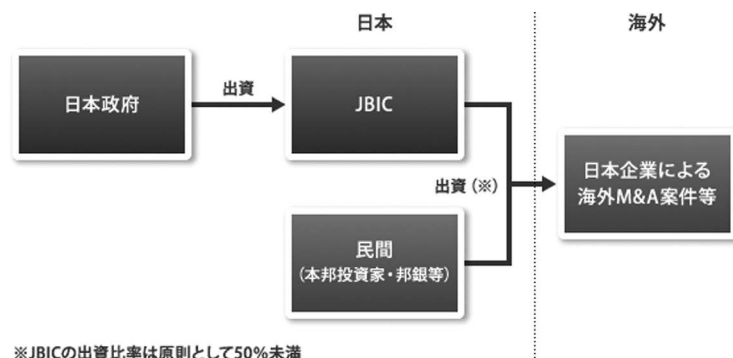
なお、JBICは、出資機能の活用により日本企業の海外展開を支援することを目的として2013年2月に創設した「海外展開支援出資ファシリティ」とあわせ、日本企業の海外展開を支援する「車の両輪」として、「海外展開支援融資ファシリティ」を同4月に創設した³。2014年7月には、日本政府が2014年6月24日に発表した「日本再興戦略」改訂2014において、

- 1 先進国向け輸出金融の支援対象分野…〔インフラ輸出案件〕鉄道（都市間高速、都市内）、水事業、バイオマス燃料製造、再生可能エネルギー発電、原子力発電、変電・送配電、高効率石炭発電、石炭ガス化、二酸化炭素の回収・貯蔵（CCS）、高効率ガス発電、スマートグリッド、〔その他輸出案件〕船舶、人工衛星、航空機、陽子線等を用いる医療機器輸出。
- 2 先進国向け投資金融の支援対象分野…鉄道（都市間高速、都市内）、水事業、再生可能エネルギー発電、原子力発電、変電・送配電、高効率石炭発電、石炭ガス化、二酸化炭素の回収・貯蔵（CCS）、スマートグリッド、高度情報通信ネットワーク整備、バイオマス燃料製造、高効率ガス発電、航空機の整備・販売等、M&A等支援。
- 3 「日本経済再生に向けた緊急経済対策」（2013年1月11日閣議決定）を踏まえたもの。

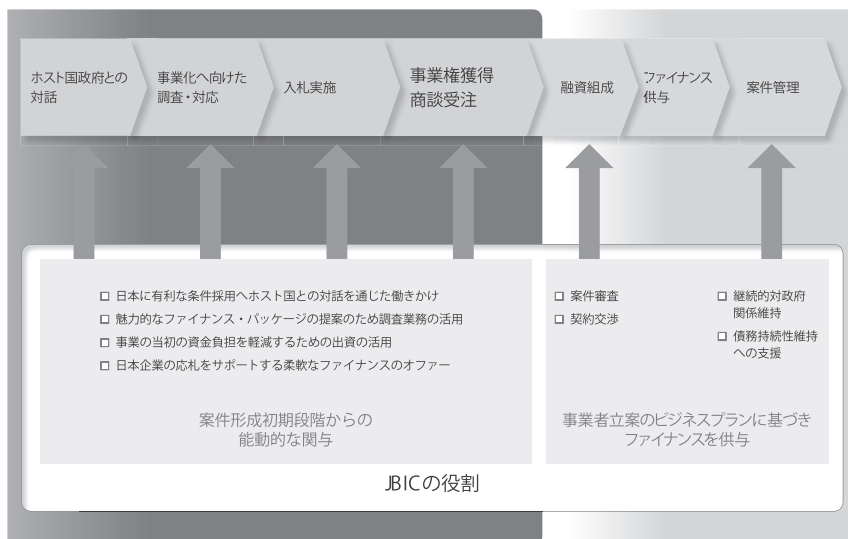
同ファシリティについて、本邦企業の収益力向上に資する案件に重点化すると共に新手法（劣後ローン、LBOファイナンス）の導入が表明されたことを受けて、同ファシリティを改編した。JBICは、今後ともこれら両ファシリティの下、海外M&Aやインフラ、資源案件等への長期資金供給を通じて、中堅・中小企業を含む日本企業の海外展開をより積極的に支援していく。

3. 案件形成初期段階からの関与

海外のインフラ分野においては、案件が大型・複雑化するとともに、中国・韓国等の新興国の参入も増えるなど、国際競争が一段と激化している。こうした中、JBICは、機動性・専門性・対外交渉力を一層強化しつつ、インフラプロジェクトの案件形成初期段階から、積極的に関与・支援していく。この観点では、例えば、2013年3月に実現したインド国内で開発マスタープラン作成や個別フィーダービリティ調査などを担うデリー・ムンバイ産業大動脈開発公社（DMICDC）へのJBICによる出資や、メキシコ公共事業銀行との間で、



図一六 海外展開支援出資ファシリティ概念図



図一七 案件形成初期段階からの関与の概念図

2014年7月に調印したJBICによるペソ建て融資の法論及びインフラ分野における協働に係る情報・意見交換に係る覚書等がある。また、2015年1月には、ミャンマー国内の非効率な土地利用による地価高騰や交通渋滞等の問題解消に向けて、ヤンゴン都市圏を含むミャンマー全域における都市開発プロジェクト等、収益性が見込めるプロジェクトを初期段階から支援することを目的としたミャンマー・プロジェクト開発促進会社の設立に関する株主間契約を締結した。今後も日本企業の参入が期待されるインフラ関連プロジェクトの初期段階からの関与を進めていく。

また、JBICが政府系機関として持つ相手国政府との関係を活かした取組みとして、日本企業が関係するインフラ関連プロジェクト等の課題などに関して協議する「政策対話」の枠組みを、インドネシア政府やメキシコ政府、ベトナム政府との間で構築しており、最近では、2015年1月に、インドネシア政府との間で政策対話会合を開催した。政策対話を通じて、例えばインドネシアでは、日本企業の参画する民間発電事業を多数実現することに貢献している。

4. 日本企業の課題克服に向けた取組み

近年、インフラ整備について政府部門が直接行うの

ではなく、民間資金を活用することにより自国政府の債務負担を軽減する一方、民間事業者のノウハウを有効に活用することで、より効率的なインフラサービスを提供しようとする国が増えてきている。多くの場合、PPP（Public Private Partnership：官民連携）の形で事業が実施され、JBICもこうした事業をプロジェクトファイナンス等により数多く支援してきた。こうしたPPP案件においては、政府による適切な法整備やコミットメントが期待されており、政府と民間事業者の間で責任とリスクを如何に適切に分担するかがポイントとなる。このため、前述の相手国政府との政策対話等を通じ新興国のPPP制度等への助言をはじめとしたさまざまな取組みを進めている。

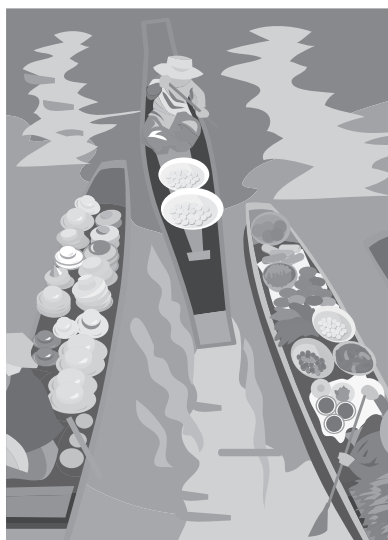
JBICは、今後も多様な金融ツールを活かした案件形成やリスクテイク機能等を通じ、日本企業による海外インフラ事業展開の促進やビジネス機会の創出・拡大に貢献していく。

（本稿は『土木施工』2014年12月号掲載記事「(株)国際協力銀行（JBIC）の海外インフラ事業展開支援（2014）」に一部加筆・修正を行ったものです。）

JICA

〔筆者紹介〕

(株)国際協力銀行
企画・管理部門 経営企画部 報道課



ノンタブリ橋建設工事

タイ初のエクストラードーズド橋プロジェクト

高橋 克行

2014年12月26日早朝、タイ王国プラチン運輸大臣の号令で、タイロイヤルポリスの白バイ隊が先導する工事関係者の車列が、初めてノンタブリ橋を渡った。この渡り初め式によってタイ初のPC箱桁エクストラードーズド橋の完成が宣言され、同日より一般の供用が開始されている。

本工事は、バンコク都中心部より北西30kmに位置し、チャオプラヤ川に架かる主橋工事を含んだ総延長4.3kmの道路建設工事である。本事業はJICAによるODA（政府開発援助）の一環として計画された一般円借款事業である。

本稿では橋長460m、最大支間長200m、幅員32.8mと場所打ち片持架設工法としてはアジア最大級のエクストラードーズド橋の施工について報告する。

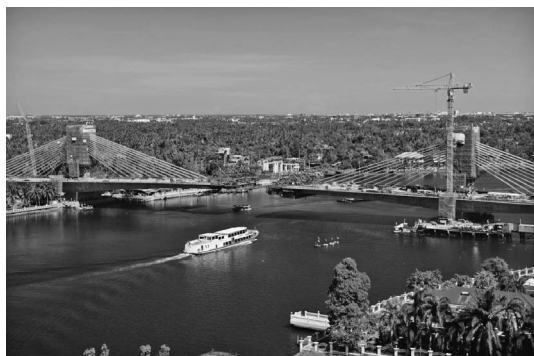
キーワード：アジア最大級のエクストラードーズド橋、プレキャスト部材の活用、配温式パイプクーリング、省力化、オリエンタル調の意匠

1. はじめに

ノンタブリ橋プロジェクト（CHAO PHRAYA RIVER CROSSING BRIDGE AT NONTHABURI 1 ROAD CONSTRUCTION PROJECT）は、バンコク近郊の衛星都市として発展目覚ましいノンタブリ県にチャオプラヤ川を跨ぐメイン橋を中心に6車線道路と2カ所のインターチェンジを新設する総延長4,300mのプロジェクトである。交通渋滞の緩和を図るとともに輸送ネットワークの効率性向上により、産業の振興および都市環境の改善に寄与することを目的としている。

工事概要を以下に示す（写真—1、図—1）。

工 事 名 ノンタブリ1道路チャオプラヤ川橋梁建設事業工事



写真—1 ノンタブリ橋施工状況（2014年6月）

所 在 地 タイ王国ノンタブリ県

事 業 主 タイ王国運輸省地方道路局（DRR）

設 計 者 Epsilon, Wishakorn, Panya, Wiecon JV

施 工 三井住友建設（株）

ITALIAN-THAI Development JV

工 期 平成24年5月2日～平成27年3月17日

構造形式 PC3径間連続箱桁エクストラードーズド橋

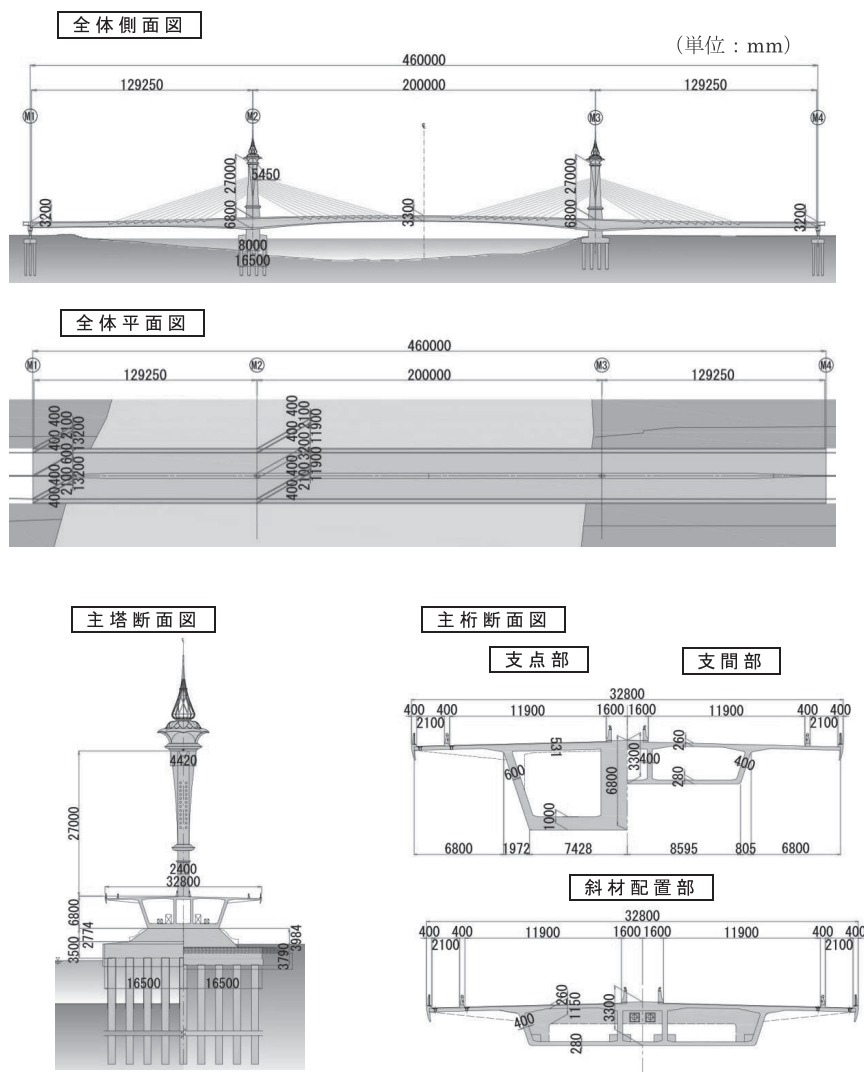
2. 下部工の施工

主塔を持つM2、M3橋脚は多柱式基礎と呼ばれる形式の下部工である。場所打ち杭（φ1.5m 杭長60m 36本）の施工では、河川上に位置するM2橋脚に栈橋および作業構台を設置して杭工事がおこなわれた。

杭打設地点の追加ボーリング調査で、過去の大規模な河川洪水時に洗掘された河床に新たに堆積した比較的新しい軟弱粘土層が観察された。この軟弱層で杭削孔中の孔壁崩壊が懸念されたため追加ボーリング調査を行い、鋼製ケーシングを6m延長して孔壁崩壊を防ぐ工法に変更した。

各橋脚の杭工事が完成した後、杭内に予め配置された鋼管（10cm）を利用して杭先端へのセメントグラウト注入が実施された。

杭長60mは、場所打ち杭をアースオーガーで施工



図ー１ ノンタブリ橋概要

する限界長と考えられたが、約 1 本／日の施工速度で施工を無事完了している。

本工事における杭の品質管理は厳しく、杭の鉛直度、孔壁の崩壊、超音波による杭コンクリートの健全性に加えて静的載荷試験と動的載荷試験と多岐に亘る試験が行われた（写真ー 2）。

チャオプラヤ川は、感潮河川であり最大で 3 m の

潮位差の影響を受ける。幅 33 m × 16.5 m 高さ 3.5 m の大規模なフーチングは、満潮時に 1 m 近く水を被り低水位の時間帯でしか作業できない所謂『汐見仕事』であった。解決策としてフーチングの底板と側面をプレキャスト化して設置し、更にプレキャスト間にシーリング材を施して水密性を高めフーチング内部をドライにして、鉄筋工・PC 工（フーチングに配置）・コ



写真ー 2 河川内に設置した栈橋と作業構台上での下部工工事



写真ー 3 フーチング底板部プレキャストパネルの設置



写真-4 内部をドライにした状況での作業

ンクリート打設を行った。潮位差に左右されずに施工する事で所定の工程を確保すると共に、濁水による鉄筋・PC材の品質への悪影響を未然に防ぐ事に成功している（写真-3、4）。

3. 超大型移動作業車による幅員 32.8 m の片持架設

桁高 6.8 m・ブロック長 15 m・幅員 32.8 m である巨大な柱頭部は、コンクリート量が 860 m^3 と多い事からマスコンクリートによる発熱を抑制するために3層に分割して施工した。橋脚と主塔を繋ぐ柱頭部のコンクリート充填部は、コンクリート打設後の硬化熱を軽減する為に簡易配温式パイプクーリングを行い外気温とコンクリート内部の温度差によるクラックの発現を抑止した。

簡易配温式パイプクーリングとは、部材中心から表面に向けて配置したクーリングパイプに冷水を通水し、クーリングパイプ内で吸熱された温水を躯体表面に向けて配管して内外温度差を抑制すると共に、コンクリート全体の温度を制御するマスコンクリート対策の1手法である。

柱頭部の充填部コンクリートは、パイプクーリングを採用しない場合には中心部で最大 98°C 、外縁部との温度差は 27°C となり温度ひび割れの発生が懸念されたが、その採用により中心部の最大温度 86°C 、外縁部との温度差 -15°C まで温度制御に成功しクラックも発生していない（写真-5）。

片持架設は、全体ブロック数を減らす目的から1ブロック長 5 m で計画されていた。このため1ブロック当たりの最大コンクリート体積が 189 m^3 に達する、国内では例のない非常に大規模な場所打ち片持架設となった。そこで容量 $11,000 \text{ kN} \cdot \text{m}$ の超大型移動作業車をタイ国外から調達した。鋼製型枠を使用して



写真-5 M3 柱頭部施工完了



写真-6 M3 移動作業車組立状況

いるにもかかわらず総重量 140 t と軽量に設計されているのが長所である。部材が全てコンテナに入るサイズで計画されている為に輸送に便利であった反面、部材が多く組立・組みばらしに多くの時間を要した（写真-6）。

橋梁工事に使用した揚重機は、移動作業車の組立時における最大部材の荷重が選定条件となった。加えて設置場所が陸上部であるか河川上であるかを考慮してM2側（河川上）には、 $120 \text{ t} \cdot \text{m}$ のタワークレーン（タワー高さ 48 m、作業半径 45 m）を採用。M3側（陸上部）には、 70 t クローラクレーン（ブーム長 36 m + フライングジブ 20 m 付）を使用した。

コンクリートの打設には、作業半径 45 m のブーム長を持つ高圧圧送コンクリートポンプ車を使用した。張出先端付近のブロックでは橋面上に圧送管を配管して打設を行った（写真-7、8）。

移動作業車による張出架設施工での最大の課題は、斜ケーブルを有するブロックに 2.5 m 間隔で配置された3室の箱桁内部を貫通する横梁と横桁（リブ）の型枠をどのように施工するかであった。

全幅員 32.8 m で斜材が主桁中央部に配置される一面吊のエクストラードード橋では、斜材定着部の剛性を確保する設計的理由でリブは不可避ではあるが、施工者にとっては頭の痛い難問であった（図-2）。

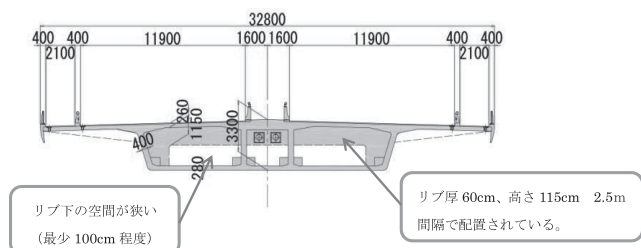
本来の張出架設施工では、10 cm 程度下げて脱型し



写真—7 M2-M3 径間 片持架設施工の様子



写真—8 M3 主塔上から橋面を望む



図—2 エクストラロードズ橋概要

た型枠は、移動作業車と共に次ブロックまで吊り下げた状態で移動、その後に型枠を元に引き上げるだけでそのセットがほぼ完了する。型枠工事に関しては省力化のお手本とも言うべき工法である。しかし、本プロジェクトではリブが障害となりその下を通過できる高さまで型枠を下げる空間が箱桁内に確保出来ない。

通常の場合打ち施工を想定すると多くの労務者を集中的に投入して毎回リブの型枠を人力で組立・解体する必要が生じ施工サイクルの遅れが懸念された。

そこで、リブをプレキャスト化する事で施工サイクルを改善する手法を用いた。プレキャストリブは橋面上で事前に製作し、移動作業車に新たに装備した架設梁を使用して設置した。リブのプレキャスト化によって本工事の難門が大きく軽減され実施工程サイクルは当初予定サイクルの 14 日を達成した(写真—9～11)。



写真—9 橋面上でのプレキャストリブの製作



写真—10 プレキャストリブの設置



写真—11 桁内部の状況

4. 今後のタイでのインフラ工事への取組

工事開始 2012 年 5 月に最低賃金法の改定が履行された。首都圏と地方に差が無い全国一律の最低賃金(THB300/日)に統一されたことで、都市部の建設労務者が地方に戻る U ターン現象が発生した。加えて活況な建設需要の為に深刻な労務者不足と労務費の高騰を招く結果となった。その結果、タイ政府が発注している多くの公共工事で工程の遅延が発生する事となり、政府は 2013 年 11 月に建設中の全ての公共工事に対して 150 日の工期延伸を付与する閣議決定を行った。



写真—12 スパンバイスパン架設工法によるインターチェンジの施工状況



写真—13 スパンバイスパン架設で施工されたアプローチ橋

当プロジェクトでも同様に深刻な労務不足が発生した。特に箱桁内の複雑な構造に対応する熟練した型枠工と鉄筋工が圧倒的に不足した。その対応策として日本および第三国から作業指導者を増員して普通労働者を指導すると共に、フィリピンからの型枠大工を数十名採用し、海外で働くタイの熟練工も逆輸入した。10ヶ国を超える国からの技術者と労務者の協力を得て予定工期より2.5ヶ月早く工事は無事に完了している。

タイは2013年の1人当たりのGDPが既に5,600ドルを超える堂々たる中進国である。そのため日本が辿った道と同様に労働者の建設業離れが進んでいるように感じられる。また他の東南アジアに比べて建設労務費も割高である事から既に省力化工法が一般的になりつつある。バンコク都周辺で開発される高速道路や鉄道は、省力化を優先したスパンバイスパン架設工法で建設されており本プロジェクトのインターチェンジやアプローチ橋もJVパートナーであるITD社が同工法で施工している(写真—12, 13)。

ノンタブリ橋は大規模かつ主桁構造の複雑なエクストラードズド橋である。こうした新しい形式の橋梁を日本からのODAを通じてその技術を習得しようとす

る東南アジアの国で建設する事は日本企業の得意とする事であり、我が国のプレゼンス向上にも繋がったと自負している。

今後タイのように途上国を卒業している国々のインフラ工事への取組として、日本の省力化、高品質・高耐久化、CO₂削減や自然環境への影響を極小化する橋梁の施工方法などを提案・実現していく事で引き続き貢献していきたい。

5. おわりに

本橋は、近い将来タイ国王3世の名を授かりMaha Jassadabordin Bridgeと命名され王室が出席される正式な開通式が執り行われる予定である。

高さ27mになる主塔上には、現地の文化を色濃く反映したハスの花と王冠を模したピナクルと呼ばれる尖塔が配置されており、総高さ46mの壮観な姿を呈している。また、橋面上の歩道へアクセスするための階段棟や橋梁下の公園整備もタイの意匠デザイナーが



写真—14 ハスの花と王冠を冠する主塔



写真—15 オリエンタル調の歩行者階段



写真—16 メイン橋完成 2014年12月の撮影

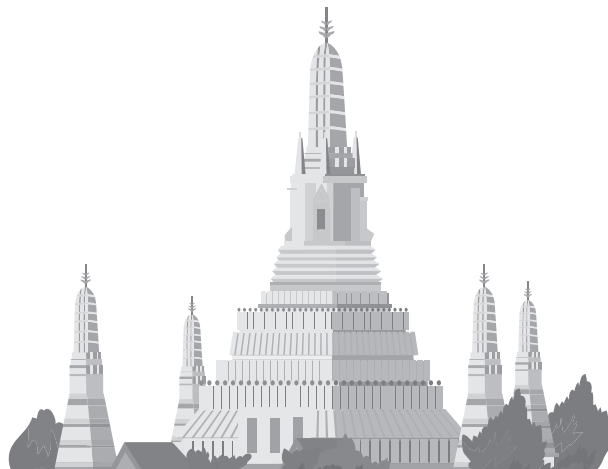
手掛けている。さらにLEDによる夜間照明も設置されており、これらによって全体的に華かなオリエンタル調で統一した外観を有している(写真—14～16)。

本橋が地元の人達にランドマークとして長く愛され、交通渋滞の緩和と産業発展へ貢献する使命を果たす事を切に望んでいる。更にタイ初のエクストラード橋であるノンタブリ橋が先駆けとなり、同形式の橋梁建設がタイ全土に広がっていけば幸甚である。

J C M A

【筆者紹介】

高橋 克行 (たかはし かつゆき)
三井住友建設(株) 国際支店
ノンタブリ橋作業所
所長



トルコボスポラス海峡横断鉄道トンネルにおける シールド施工

岩盤泥水シールドの掘進と沈埋トンネルとの海底下直接接合

今 石 尚・長 光 憲一郎

トルコ共和国最大の都市であるイスタンブールは、東京都を上回る約1,400万人の人口を抱える大都市でありながら、マルマラ海と黒海を結ぶボスポラス海峡により東西に分断されており、その移動はフェリーによる海上輸送および2本の長大道路橋に限られていた。よって近年の経済発展に伴う慢性的な交通渋滞とそれに起因する大気汚染が深刻化しており、この海峡により分断されているトルコ国鉄をつなぐ海峡横断鉄道トンネルを建設することにより、これらの問題を解決し、またアジア～ヨーロッパ間の物流を活性化し、さらなる経済発展が期待された。

ボスポラス海峡横断鉄道プロジェクトは、沈埋工法、シールド工法、NATM工法の3つのトンネル工法を効率的に組み合わせて計画・実施された。本稿ではそのうちのシールドトンネルの施工について報告する。

キーワード：海外工事、トルコ、海峡横断、鉄道トンネル、岩盤泥水シールド、海底下直接接合、F-PAS工法、大深度高水圧

1. はじめに

ボスポラス海峡で隔てられたアジアとヨーロッパをトンネルでつなぐ海峡横断鉄道の構想は、オスマントルコ帝国時代の1860年頃にまで遡る。当時描かれた設計図は海峡に隣接するウスルクダル市に今でも保管されており、以来150年にわたり何度も実現の期待が高まっては技術的・経済的な理由などにより消えてきた。しかるにトルコ国民にとっては長年の悲願である夢のプロジェクトである（図—1、写真—1、2）。

1998年のトルコ政府による円借款要請により本プロジェクトは始動、2004年5月に契約締結、同年8月に工事着工され、当初工程では2009年4月完成予



写真—1 ボスポラス海峡横断部

定であった。しかし駅部の埋蔵文化財調査（写真—3）の長期化による影響で工程が延長され、2013年10月のトルコ建国90周年の記念日にあわせて営業を開始した。開業記念式典にはトルコ側からギュル大統領、エルドアン首相他、日本側からも安倍首相が出席するなど、本プロジェクトはトルコと日本の友好の新たな象徴といえるだろう。

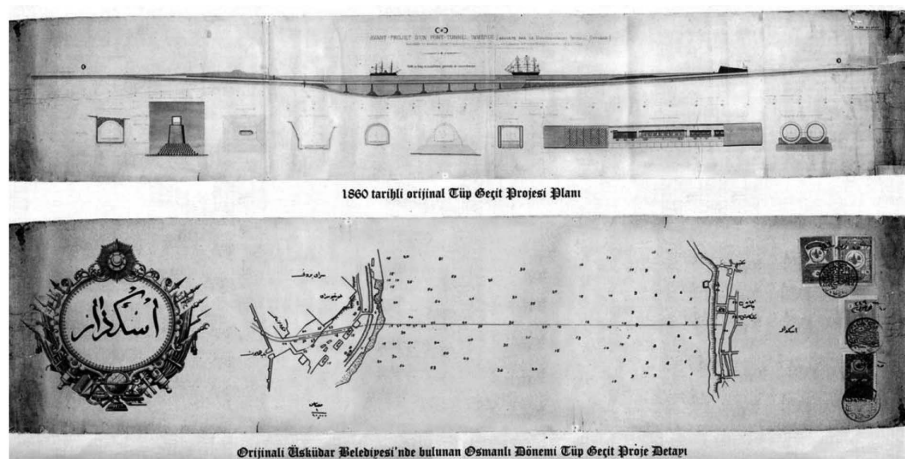
2. 工事概要

(1) プロジェクトの概要

ボスポラス海峡横断鉄道プロジェクトは、アジアサイドと呼ばれる海峡東側の都市アイリリクチェシュメからヨーロッパサイドと呼ばれる海峡西側の都市カズ



図—1 ボスポラス海峡の位置



写真—2 オスマントルコ帝国時代に描かれた設計図

リチェシュメを結ぶ延長 13.6 km の上下線鉄道新設と 4 つの新駅建設からなり、海峡部の約 1.4 km を沈埋トンネルで、駅間のトンネル部約 10.1 km をシールドトンネルで、地下駅部と渡り線部を NATM 工法と開削工法で構築した（図—2, 3）。

(2) 工事基本情報

本プロジェクトの基本情報を以下に示す。

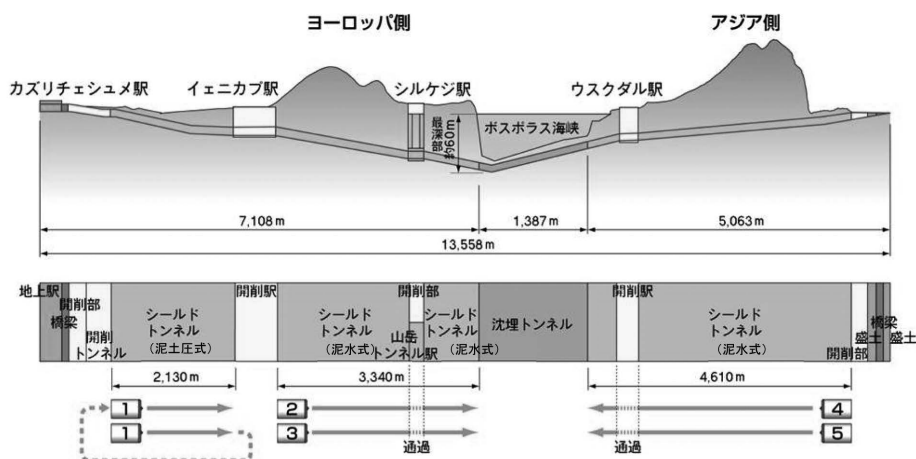
- ①施主：トルコ共和国運輸通信省 鉄道・港湾・空港建設総局（DLH）
- ②施主代理人：AVRASYA Consultant JV
- ③設計・施工者：大成建設・Gama・Nurol JV（Gama, Nurol はトルコ企業）
- ④契約工期：2004 年 8 月～2009 年 4 月（当初）～2013 年 10 月（変更）
- ⑤契約金額：約 1,023 億円（当初）
約 1,500 億円（変更予定）
- ⑥応札形式：Two-envelope 方式（技術札，価格札）
- ⑦契約約款：FIDIC Silver book, EPC Contract（Engineering, Procurement, Construction）



写真—3 イェニカプ駅部での埋蔵文化財調査



図—2 路線平面図

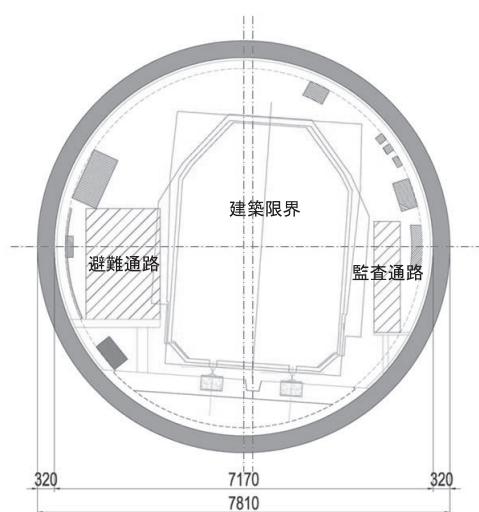


図—3 路線縦断面図

(3) シールド工事の概要

本プロジェクトの総延長 13.6 km の上下線鉄道の新設工事のうち、シールド工法を採用した延長が 10.1 km（上下線）あり、そのうち低土被りで掘削対象が土砂となる部分を泥土圧式、大深度（一部海峡横断部を含む）で掘削対象が岩盤となる部分を泥水式に分けて施工した（図—3）。

そのうち本稿では泥水式シールド工法で施工したヨーロッパ側の約 3.3 km × 2 本（TBM2, TBM3）、およびアジア側の約 4.6 km × 2 本（TBM4, TBM5）のトンネルについて報告する。シールドトンネルの標準断面と施工中のトンネル内観は以下の通りである（図—4、写真—4）。



図—4 シールドトンネル標準断面図



写真—4 施工中のシールドトンネル内部

3. 計画

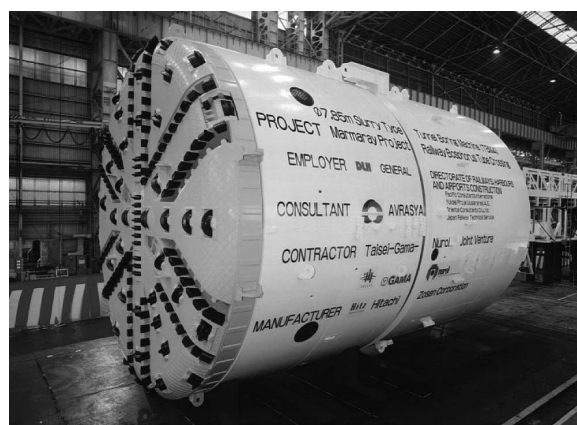
(1) 工法選定

掘削対象が変化の激しい岩盤であり、かつヨーロッパ側で最大 0.6 MPa、アジア側で最大 0.8 MPa の地下水压という条件のもとでの掘削となるため、地盤劣化

区間における切羽崩壊および高水压下での出水リスクが想定された。これらのリスクを回避するとともに、最終的にボスボラス海峡下での沈埋トンネルとの接続を安全に行うために、地山の変化に対しリアルタイムな管理が可能で、止水に対し最も信頼のある泥水式を採用した。しかしトルコにおいてはこれまで泥水式シールド工事の施工実績がなかったため、施工用資機材の調達だけでなく、施工管理技術者や熟練作業員がいないことで非常に苦勞することとなった（トルコは外国からの労働者の入国を厳しく制限している）。

(2) シールド機

岩盤掘削対応として、カッターフェイスをセミドーム型とし、17 インチのディスクカッター 55 個を装備した。また長距離掘削の摩耗対策として、カッターフェイス前面には硬化肉盛溶接と外周部には耐摩耗鋼板による補強を施した（写真—5）。



写真—5 岩盤対応泥水式シールド機

シールド機の製作数については、最終到達部が海峡下でシールド機の回収が不可能であるため、シールド機の残置を基本とせざるを得なかったこと、および全体工程の最適化から、沈埋トンネルを挟んでヨーロッパ側 2 機（TBM2, TBM3）、アジア側 2 機（TBM4, TBM5）の計 4 機を製作した（図—3）。製作は日本で行い、仮組立・工場検査の後、再度分解してトルコまで海上輸送した。

シールド機の主要諸元を表—1 に示す。

表—1 シールド材の主要諸元

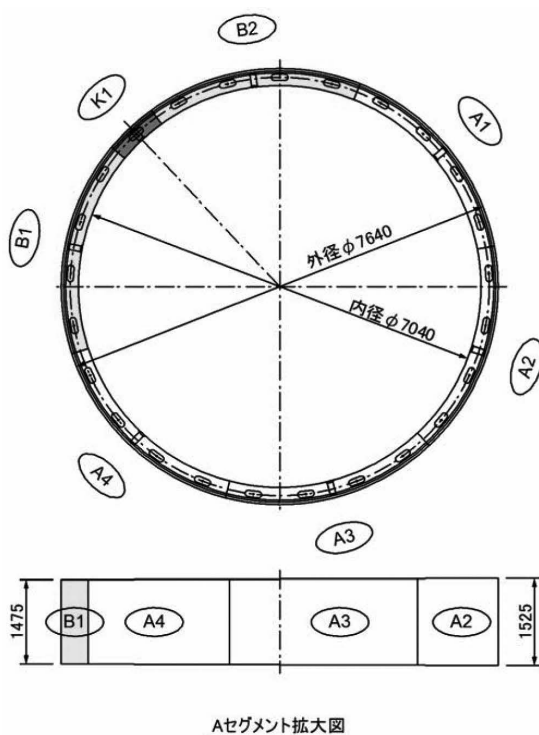
項 目	仕 様	備 考
掘削外径	7,930 mm	
前胴外径	7,870 mm	
行動外径	7,850 mm	
機 長	10,550 mm	ヨーロッパ側、テールシール 3 段
	11,000 mm	アジア側、テールシール 4 段
総 推 力	75,000 kN	3,000 kN ジャッキ × 25 本
カッタートルク	10,582~4,767 kN-m	$\alpha = 21.8 \sim 9.85$
カッター回転数	0.5~1.5~4.0 rpm	250 kW インバーターモーター × 8 台

(3) セグメント

セグメントはERQ（発注者要件）とAFTES（フランストンネル地下協会）に準じて設計された。海底下という特殊条件に加え地震国であるトルコにおいて100年の耐用年数を保証する強度、耐久性と止水性能



写真一六 セグメント製作工場



図一五 セグメント標準図

が要求された。そこでセグメントは経済性、長期耐久性、止水性、施工性に優れるRCセグメントを採用した。

現地周辺には本プロジェクトに対応できる大規模なプレキャスト工場がなかったため、施工場所から約40 km離れたゲブゼという町に土地を借り、直営で工場を建設しセグメントを製造した（写真一六）。

(a) RCセグメント

避難連絡路や沈埋トンネルとの接続部などの特殊な部分を除き、全線に渡って部分ほぞ付セグメント（組立時仮ボルト、ガイダンスロッドを併用）とした。これはピース間継手に突合せ継手、リング間継手に部分ほぞ継手を採用し、継手金物を排除した施工性、経済性に富むものである（図一五、写真一七）。また形状はオールテーパーとしている。

セグメントの仕様を表一2に示す。

(b) セグメントシール

シールドトンネルは地下水位以下に構築され、最大0.8 MPa程度の高水圧が作用することが予想された。また施工誤差に加え地震や液状化による変形を許容したうえで100年の止水耐久性を確保するため、セグメントの設計と並行してシール材の検討を行った。

海外で多用され採用実績と長期耐久性に優れた、シール材の弾性反発力に止水効果を期待するガスケットタイプ（材料はEPDM:エチレン・プロピレン・ジェ

表一2 セグメントの仕様

項 目	仕 様	備 考
セグメント形式	RC 平板型	
継手形式	部分ほぞ付き継手	
外 径	7,640 mm	
内 径	7,040 mm	
幅	1,500 mm	
厚 さ	300 mm	
分割数	6分割+K	部分ほぞ継手25か所
Kセグメント形状	軸方向挿入式	



写真一七 セグメント外観

ン・モノマー)を主体に、国内で主流の水膨張による膨張圧に止水効果を期待する水膨張性タイプを併せた複合ガasketを採用した(図-6)。シール材は工場で行われる額縁加工をしたものを現場に搬入し、セグメントに接着した。

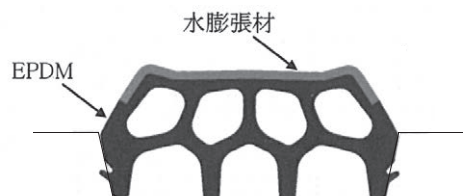


図-6 複合ガasket

4. 施工

(1) 実施工程

各トンネルの実施工程は下記の通りである。なお掘進完了日とは沈埋トンネルに到達した時点であり、途中駅部等に到達しシールド機を移動させた後に再発進した期日は記載していない。また期間には他工種との調整で待機した時期も含んでいる。

① TBM2 (ヨーロッパ側)

掘進延長 3,068 m

掘進開始日 2009年12月31日

掘進完了日 2011年8月8日(19か月)

② TBM3 (ヨーロッパ側)

掘進延長 3,081 m

掘進開始日 2009年12月1日

掘進完了日 2011年1月26日(14か月)

③ TBM4 (アジア側)

掘進延長 4,216 m

掘進開始日 2007年3月26日

掘進完了日 2010年2月17日(35か月)

④ TBM5 (アジア側)

掘進延長 4,187 m

掘進開始日 2007年1月24日

掘進完了日 2010年10月5日(44か月)

これらからわかるように、ヨーロッパ側の掘進開始時期は、発進基地であるイエニカプ駅の埋蔵文化財調査の長期化により予定通り着工できなかったため、アジア側の発進から約3年後となった。そのためにシールド工事の工程は大幅に伸びたが、先行したアジア側の施工実績を分析し、それら後行のヨーロッパ側の施工へ反映する時間を得ることができたため、ヨーロッパ側の施工効率を大幅に向上させることができた(本章(4)節に後述する)。

(2) 掘削対象土質

掘削対象土質はアジア側とヨーロッパ側で大きくは異ならず、今から約2億5千万年前の泥岩・砂岩・頁岩を主体とする堆積層で、岩強度(一軸圧縮強度)は平均で $q_u=80$ MPaかつ亀裂の多い中硬岩クラスであった。

また、トルコは地震国であるため、堆積岩中に火成岩(輝緑岩)が貫入しており、その周辺がマグマによる熱変成・圧力変成を受け粘土や玉石になっている。シールド機はそれらの土層をほぼ水平に掘削していくため、堆積岩層から粘土層または玉石層を通過して火成岩層へ突入、再び粘土層または玉石層を経て堆積岩層に戻るといった流れを何度も繰り返すこととなった。この土層変化は、短い周期では5~10 m、長い周期でも100~200 mで出現し、そのたびごとに切羽の安定はもとより、掘削・破碎された岩ズリを排泥ラインにおいて沈降・閉塞させることなく流体輸送させるため、きめ細やかな泥水管理が要求された。これ以外にも転石や破碎帯にも遭遇し、その対策に多くの時間と労力を費やすこととなった。

(3) 異種トンネルの海底下直接接合

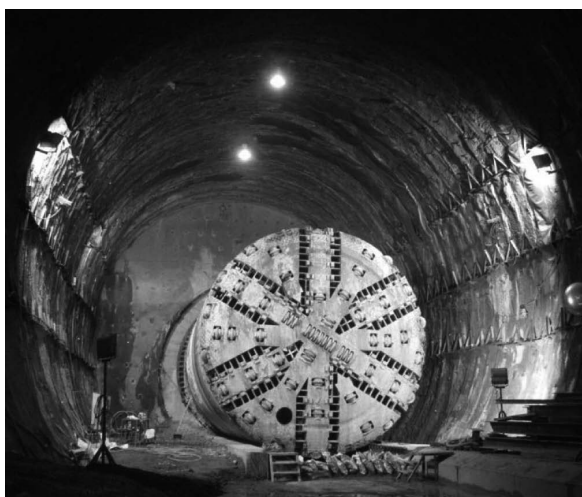
(a) 技術の概要

発進基地から沈埋トンネルの間で、アジア側では渡り線トンネルとウスクダル駅、ヨーロッパ側ではシルケジ駅がシールドトンネルの掘進に先行して施工されたため、4機合計で延べ20回の発進・到達を行った(写真-8, 9)。

そのうち沈埋トンネルとの接続についてはF-PAS工法を採用し、世界で初めて接続立坑無しで異種トンネルの海底下直接接合を実現した。これにより接続立



写真-8 アジア側発進状況(アイリリクチェシュメ)



写真—9 ヨーロッパ側到達状況（シルゲジ駅）

坑築造の省略と沈埋トンネル延長の短縮およびそれに伴う海底掘削土量の削減により、大幅な工期と工事費の縮減を実現した。

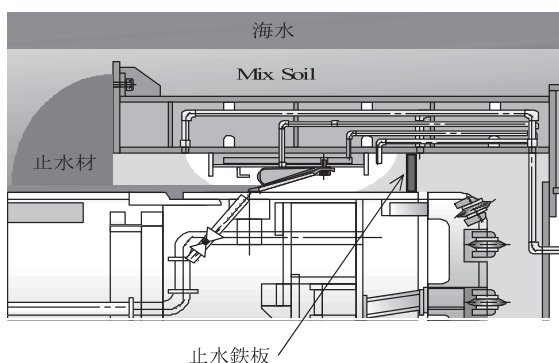
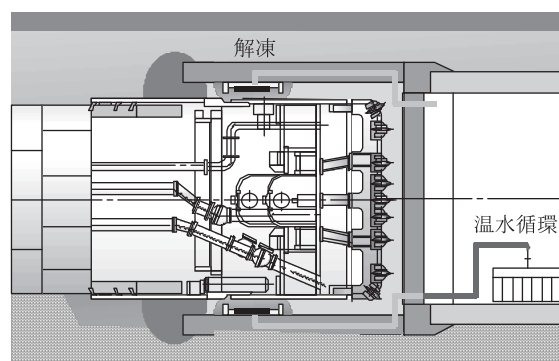
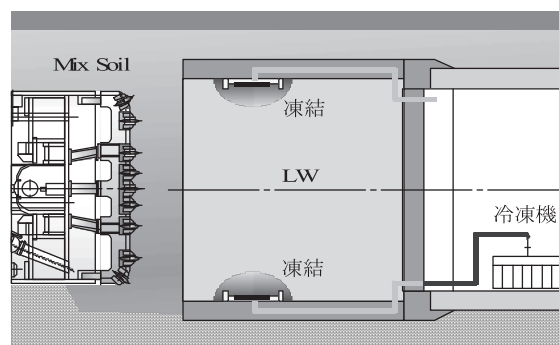
(b) 接合手順

接続立坑を省略するために沈埋トンネル端部に眼鏡状の鋼殻スリーブ管を設置し（写真—10）、シールド機をその中に貫入させることにより接合作業スペースを確保した。異種トンネル接合作業の環境は、スリーブ管内とはいえ海底の人工埋戻し地盤内を通して最大0.6 MPaの水圧がかかるため、十分な止水構造を確保する必要がある。そこでスリーブ管内に止水シール装置としてF-PAS（The Freezing Packing for Seal）機構を設置した。接続立坑が無いために海底下で必要となる作業やリスクを考慮し、シールド機並びにスリーブ管製作・取付時に事前対策を講じることで、海底下での作業を最小化した。



写真—10 鋼殻スリーブ管の設置

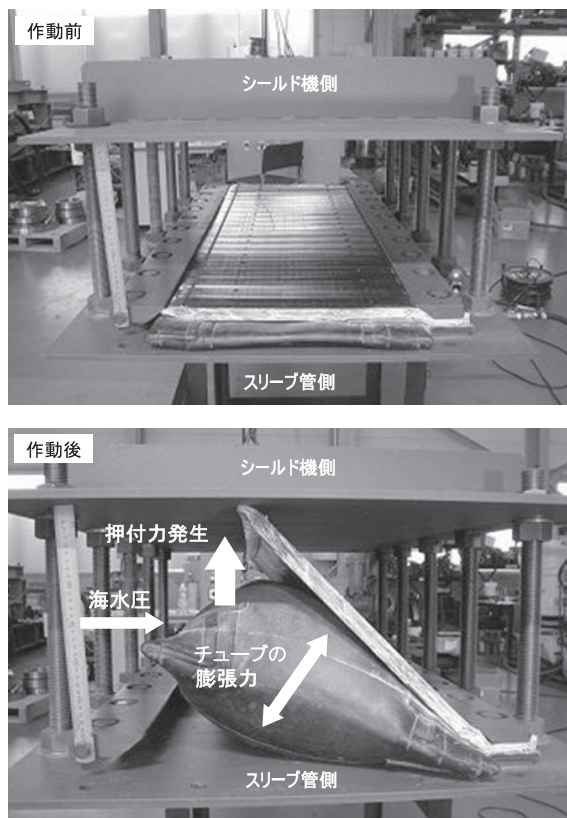
F-PAS工法の施工手順、止水構造を図—7、写真—11に示す。鋼殻スリーブ管内には、凍結・融解後に固体から液体へ変化する特性を有するLW材（セメント・ベントナイトと水ガラスから成る2液性地盤改



図—7 沈埋トンネル接続部での止水手順

良材）を充填しておく。シールド機到達前に止水シール装置周辺に配置された凍結管内を冷媒循環（マイナス25℃の塩化カルシウム水溶液）させることによりLW材をドーナツ状に凍結し、シールド機貫入時の装置の保護を行う。シールド機到達後、温水循環により凍結部を融解・液体化させた後、加圧チューブに注水加圧して止水パッキンを作動させ、シールド機鋼殻にパッキンを密着させる。この時固体から液体に変化したLW材の存在が、鋼殻とパッキン間への掘削岩ズリなどの異物の侵入を防ぐため、止水パッキンのシールド機鋼殻への密着度が高まる。ここまでの1次止水と呼ぶ。

1次止水における止水シールの形状から、水圧のかかる方向に押されれば押されるほど、止水シールがシールド機鋼殻に密着する方向となり、フェール・セーフ機構が確保されている。また止水パッキン稼働後その背面に裏込め注入材を止水注入することにより2次



写真—11 止水パッキン作動状況

止水とし、3次止水としてシールド機チャンバー内の泥水を撤去、大気圧にしたのち、シールド機鋼殻と鋼殻スリーブ管を鉄板にて止水溶接を施した。以上の三重の止水性を確保した後、沈埋トンネルのバルクヘッドと鋼殻を残してシールド機を撤去し、シールドトンネルのRCセグメントと沈埋トンネルのRC躯体を鉄筋コンクリートで接続して、本体止水構造を完成させた（写真—12）。



写真—12 沈埋トンネルとの接続完了

(4) シールド設備の改良

前述の通りヨーロッパ側のシールド機の発進はアジア側の発進から約3年後となった。そこでアジア側の

掘進での問題点を分析し、ヨーロッパ側の施工に反映した。その結果ヨーロッパ側の掘進はアジア側とくらべて約2倍の進捗を上げることができた。

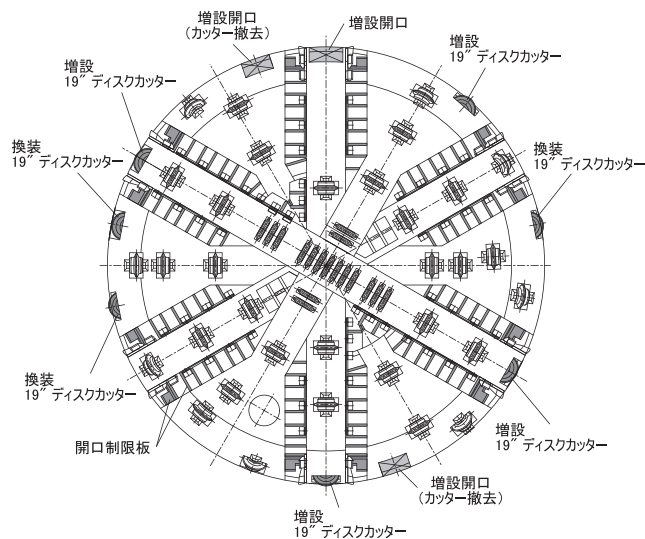
種々の改良項目のうち、ここではシールド設備の改良点について記述する。

(a) シールド機

先行して施工を開始したアジア側では、シールド機のディスクカッターの摩耗・損傷が激しく、その交換は当初予定していた600mに1回という頻度をはるかに上回り、180～200mに1回の頻度で実施した。事前に摩耗対策は施していたが、カッターホルダーを含むカッターフェイス自体の摩耗も激しかったため、途中駅等での到達後の補修・補強にも想定以上に時間を要しただけでなく、緊急を要した場合には、掘進途中のカッター交換と同時に、劣悪な作業環境の中補修・補強作業を実施したこともあった。

また亀裂の多い岩質のため、カッタースリットを通過する想定外の細長い岩ズリによりチャンバーからクラッシャーまでの排泥管閉塞が頻発したため、閉塞解除・復旧作業（フレキシブルホースの破裂と掘削泥水の漏えいなど）により多くの掘進時間を損失した。

そこで以下の対策を実施したことにより、後行のヨーロッパ側ではディスクカッターの交換頻度を300mに1回程度に減らすことができ、またシールド機内での配管閉塞をほぼなくすることができた（図—8）。



図—8 カッターフェイス改造概要図

- ①外周部ディスクカッターの増設とサイズ変更（17→19インチ）
- ②外周部取り込み開口の増設
- ③カッタースリットに開口制限板を取付
- ④バルブ等付属設備を含む排泥ライン内面の平滑化

と曲管の曲率緩和

(b) 流体輸送設備

クラッシャーによる破碎後の礫径をポンプの形状とマッチさせることができず、排泥ポンプのインペラでの閉塞が頻発した（写真—13）。これにより掘削能力の低下や完全閉塞の際の解除作業に多くの時間を費やした。



写真—13 中継ポンプ閉塞状況（インペラ吸込み部）

また掘進速度の向上を試みると、シールド機的能力に対して泥水輸送の能力が不足していることが判明した。これは掘削岩ズリの大きさや、流体輸送における良好な泥水の作成・調整が排泥水の性状と作泥材の品質から難しかったことに起因する。

そこで以下の対策を実施したことにより、後行のヨーロッパ側では排泥ポンプでの閉塞の頻度を1/4程度に、また排泥流量を12→15 m³/minへ増加させることとなり、結果掘進速度を20%程度向上させることができた。

ヨーロッパ側の掘進が始まると、先行するアジア側と合わせて同時に4機のシールド機が掘進することになり、海峡を挟んでアジア側とヨーロッパ側の間で、良質な泥水をバキューム車を使用してやり取りすることもあった。

①クラッシャーの増設（1台→2台直列，写真—14）

②排泥ポンプのインペラ形状の改造

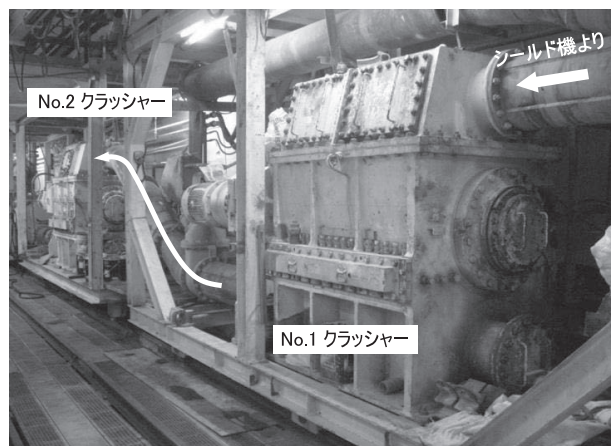
③排泥管の管径変更（10→12インチ）

④排泥中継ポンプの増設

⑤一部の定速ポンプを可変速ポンプへ変更，中間バイパス設備の増設など全体のグレードアップ

(c) 泥水処理設備

岩掘削で発生する鋭角をもつ岩ズリにより想定以上に各部が摩耗し，それらの交換作業のために多くの時



写真—14 クラッシャー2台直列配置

間を費やした。特にサイクロンとふるい網の摩耗対策が必要であった。

また掘削対象土中に粘土等の微粒子が少なく泥水が劣化しやすかったため，泥水の入れ替え頻度が高かったこともあり，フィルタプレスの能力が不足した。そのため泥水調整待ちで掘削が中断することがあった。

さらに掘進速度向上のために排泥流量を増加させたことから，それに応じて泥水処理設備も増強した。

そこで以下の対策を実施したことにより，後行のヨーロッパ側では掘進速度向上のために排泥流量を増加させたにもかかわらず，サイクロンの交換をはじめとする設備の保守や泥水調整による掘進中断をほぼなくすことができた。

①サイクロンの増設（18→21台）

②サイクロンポンプの増設（6→7台）

③振動ふるいのふるい網の材質，形状および内部構造の変更

④フィルタプレス（16,000 L）の増設（2→3基）

⑤余剰泥水槽の増設（200→400 m³）

⑥希釈水槽の増設（200→400 m³）

5. トルコとの文化の相違

トルコはイスラム教国ではあるが世俗主義を標榜しており，特に大都市であるイスタンブールにおいて，日常生活上でイスラム的なしきたりに縛られることはほとんどなかった。しかし宗教的に重要な金曜日のお昼の礼拝には，多くの作業員がモスクへ行き（中には一日5回の礼拝を欠かさない者もいて，トンネル内でも作業を一時中断してメッカの方角にむけて礼拝する），また断食月には日の出から日没まで断食を行い（もちろん作業能率は落ちる），日没後の礼拝が終わるとともに一斉に食事をする（毎日パーティーのような

騒ぎである)という日課が続く。よって24時間作業が続くトンネル工事では、作業員の編成(宗教的行事に対する熱心さにばらつきがある)やシフト時間の調整などを工夫して対応するが、どうしても連続作業が途切れてロスが生じてしまうことになった。また断食月明けの砂糖祭や日本のお盆に相当する犠牲祭という宗教上重要な祭日の前後は作業員を確保することが非常に難しく、工程調整上特に留意する必要があった。

またトルコでは一般的に就労継続性が乏しいとされ、建設工事でもプロジェクトごとに雇用がなされるため、作業員および現地スタッフの会社やプロジェクトに対する忠誠心が欠如しており、賃金の良いプロジェクトがあればためらいなくやめていってしまう。時間をかけて指導して技術を伝達しても、熟練工ほど高収入の他のプロジェクトに流出してしまうため、シールド機、セグメント組立エレクター、流体輸送設備のオペレーターなどのキーパーソン(給与も高い)は常に複数人数用意する必要があった。

これらは文化の相違の一例であるが、地域に根付いてこそ実現可能な土木工事の宿命とはいえ、忍耐強く対処するしかなかった。

6. おわりに

私にとって初めての海外工事であり、かつ当地で初めての泥水式シールド工事を、数々の困難に遭遇しながらもなんとか完了させることができたことに、ホッとしたというのが正直な心境である。文化や国民性の違う人たちと同じ目標にむけて尽力するという、私の

人生において大変貴重な経験を積むことができ、一緒に苦勞していただいたトルコの、そして日本の関係者の皆様に心から感謝いたします。

トルコは世界でも有数の親日国と言われているが、日常生活においてもそれを実感することが多々あった。先達の人々が築いてきた日本とトルコの友好の醸成に、今回のプロジェクトを通じて少しでも貢献できたとすれば、それは至上の喜びである。そしていつの日か、苦楽を共にした仲間たちとこの海峡横断鉄道に乘れることを楽しみにしている。

JICMA

《参考文献》

- 1) 今石尚, 稲積教彦, 湯上繁信, 安藤啓人: スラリー式TBMトンネルの施工—シールドトンネル—, 基礎工(総合土木研究所), Vol.42/No.1, 2014.01
- 2) 今石尚, 稲積教彦, 湯上繁信, 安藤啓人: 沈埋函とTBMの海底下直接接合, 基礎工(総合土木研究所), Vol.42/No.1, 2014.01
- 3) 今石尚: 海底をわたる風〜ボスボラス海峡横断鉄道トンネル建設工事〜, コンクリートテクノ(セメント新聞社), Vol.34/No.2, 2015.02

【筆者紹介】

今石 尚 (いまいし たかし)
大成建設㈱
土木本部土木技術部
部長



長光 憲一郎 (ながみつ けんいちろう)
大成建設㈱
土木本部機械部機械技術室
課長



貫通 東南アジア最長 44.6 km : パハン・セランゴール導水トンネル

河 田 孝 志・仲 野 義 邦・岩 野 健

マレーシア国パハン・セランゴール導水トンネルは東南アジア最長のトンネルである。導水路トンネルは、3つのTBM工区（延長34.6 km）と4つのNATM工区（延長9.1 km）および1つの開削工区（延長0.9 km）の計8つの工区に分けて施工し、そのうちTBM工区は3台のTBM（Tunnel Boring Machine）で掘削施工した。本プロジェクトは2009年6月1日に開始し、2014年2月19日に、東南アジア最長44.6 kmのトンネルが貫通した。TBM施工区間では、想定を超える大量突発湧水、大土被り区間での高温岩体および山はね、TBMのメインベアリングの損傷等の困難に遭遇した。本稿では、これら困難を克服した成果について述べる。

キーワード：TBM、海外工事、大土被りトンネル、高温岩体、山はね、大量突発湧水

1. はじめに

本プロジェクトは、JICA（独立行政法人 国際協力機構）が資金貸与する円借款工事であり、マレーシアの首都クアラルンプールおよびセランゴール州の生活・工業用水を確保する為、隣接するパハン州より日量189万m³を導水する延長44.6 kmの導水トンネルを建設するものである。

本トンネルは完成すると世界で11番目の長さに、東南アジアでは最長となる。現場位置図を、図-1に、プロジェクト概要図を図-2に示す。

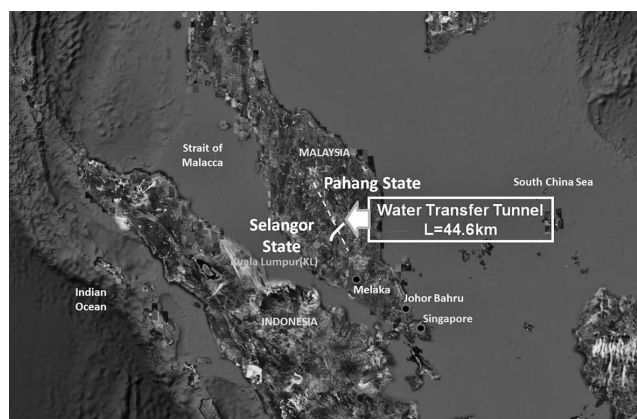


図-1 現場位置図

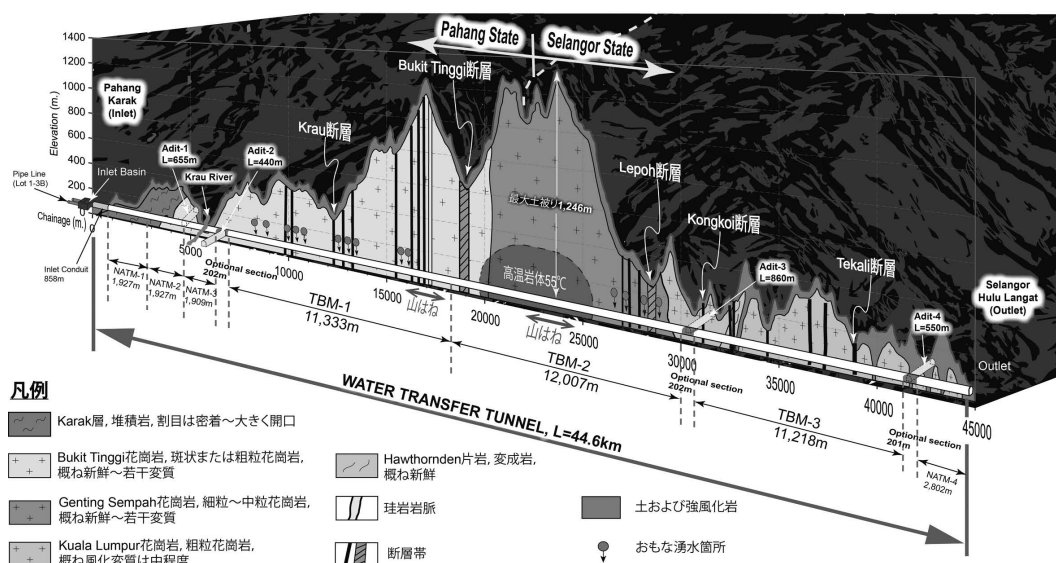


図-2 プロジェクト概要図

2. 工事契約概要

発注者：マレーシア政府，エネルギー・環境技術・水資源省
施工管理：東電設計・SMEC（豪州）・SMHB（マレーシア）JV
施工：清水建設・西松建設・UEMB・IJM JV（UEMB, IJM はマレーシアのゼネコン）
工期：2009年6月1日～2014年9月5日(1,922日)
工事金額：384億円（2009年5月1日レート換算）
資金：JICA 75%，マレーシア政府 25%
契約約款：FIDIC（1987年第4版，1992年修正版が基本）
契約方式：BOQ方式



写真－1 TBM 全景

3. TBM仕様

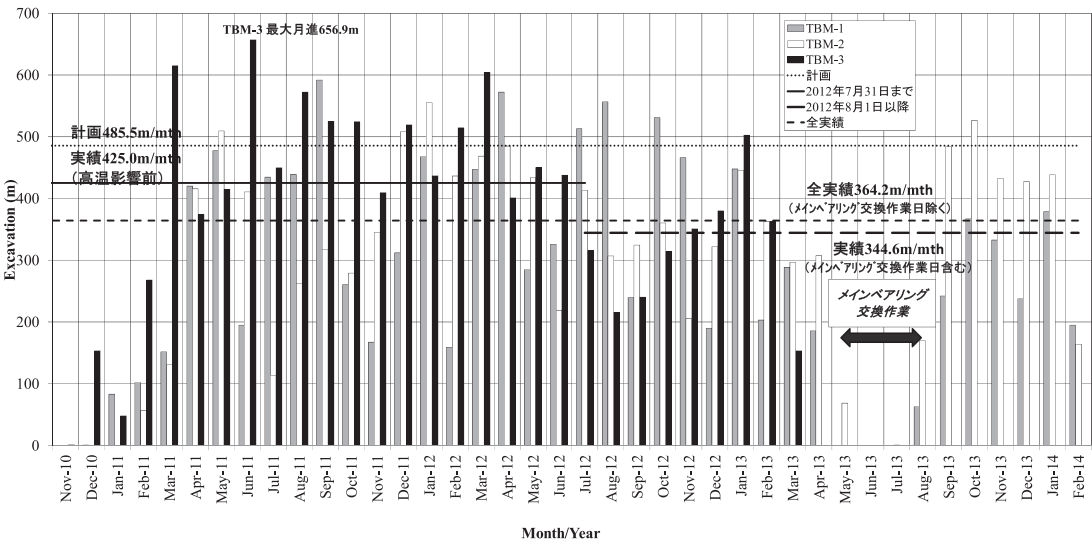
TBMは、最大一軸圧縮強度 250 MPa の岩の掘削に対応できるように高スラスト，高トルクを基本とするオープンタイプTBMである。ディスクカッタ径は，シングルカッタが19インチでセンターカッタは17インチであり，ディスクカッタ数は35個である。掘削径は，導水能力を確保するのに必要な内空断面からφ5.2 mである。TBM 全景を写真－1にTBMの主要諸元を表－1に示す。

表－1 TBM 主要諸元

項目		仕様
掘削径・型式		5.2 m，オープンタイプ
全長・総重量		205 m，420 トン
掘進ストローク		1.8 m
電源		AC11,000 V，3 相，50 Hz
カッターモーター出力		2,310 kW（7 × 330 kW，690 V）
ディスクカッタ径		19 インチ（483mm）
カッタ 個数	シングルカッタ	27 個（19 インチ）
	センターカッタ	8 個（19 インチ）
	計	35 個
カッター最大荷重		312 kN（19 インチ）
総推力		14,000 kN（＝ 3,500 kN × 4 個）
装備カッタトルク		4,054 kN・m（回転数 5.4 rpm）
カッタヘッド回転速度		0 ～ 12 rpm
ベルト コンベヤ	幅	914 mm
	容量	895 m ³ /時間

4. TBM掘削実績

TBM掘進実績を図－3に示す。各工区別の進行の一覧は，表－2の通りである。



図－3 TBM掘削実績

表—2 TBM 工区別進行

		TBM-1 工区	TBM-2 工区	TBM-3 工区
初期掘進開始日	計画	2011 年 4 月 16 日	2011 年 4 月 1 日	2011 年 2 月 17 日
	実績	2010 年 12 月 29 日	2011 年 2 月 16 日	2010 年 11 月 29 日
掘削完了日	計画	2013 年 5 月 7 日	2013 年 6 月 14 日	2013 年 3 月 29 日
	実績	2014 年 2 月 19 日	2014 年 2 月 19 日	2013 年 3 月 22 日
平均月進行 (本掘進)	計画	509.8 m	472.5 m	475.4 m
	実績	322.6 m 37%低下	350.4 m 26%低下	433.7 m 9%低下
最大日進行実績		40.0 m	45.6 m	48.5 m
最大週進行実績		173.0 m	176.0 m	197.9 m
最大月進行実績		591.6 m	555.2 m	656.9 m

5. TBM 掘削施工における困難

3 台の TBM で、34.6 km のトンネルを掘削するにあたっては、様々な困難に遭遇した。そのうち、主なものを、以下に記す。

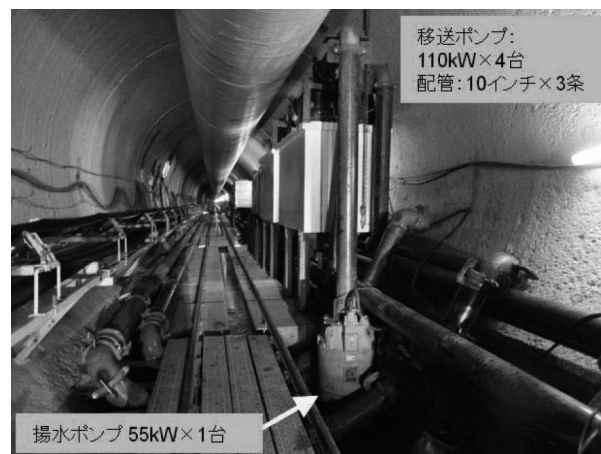
(1) 大量突発湧水

施工計画段階から、大量突発湧水は当プロジェクトの最も大きなリスクであった。その対策としてスペックで想定された坑内湧水量 10 t/分の倍の 20 t/分の排水設備を設置した。最上流 TBM-1 工区は下り勾配 (1/1,900) での TBM 掘削であるため、排水設備の重要度は非常に大きい。トンネル掘削延長と坑内湧水量の関係を図—4 に示す。TBM 先端での突発湧水状況 (湧水量 9.8 t/分) を写真—2 に示す。

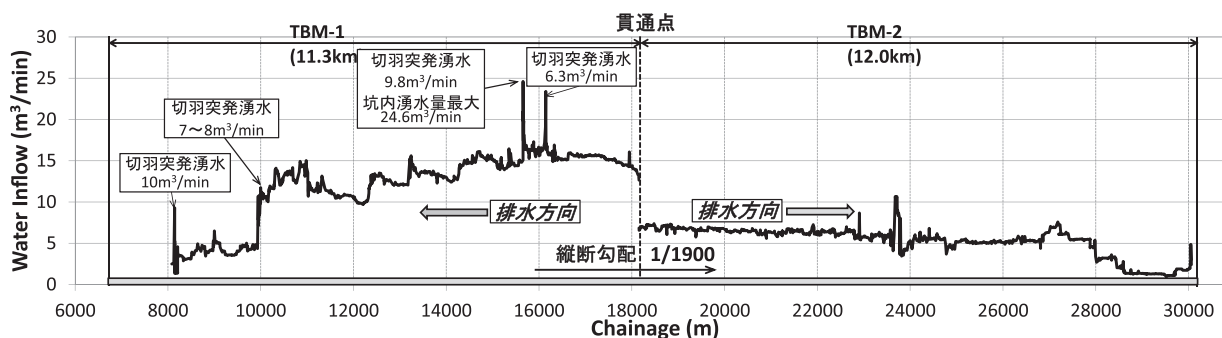
突発湧水発生後の顕著な坑内湧水量の減少傾向が見られず、坑内湧水量が 15 t/分と最大排水能力 20 t/分に近づいたため、地形図に突発湧水発生箇所をマッピングして分析した。その結果から、今後も突発湧水が発生することが予測されたため、排水能力を 31.5 t/分 (写真—3) に増強した。この対策により、最終的に TBM-1 工区は大量突発湧水を克服した。



写真—2 TBM-1 突発湧水状況 (TBM カッタヘッド部)



写真—3 TBM-1 坑内排水設備



図—4 TBM-1 と TBM-2 の坑内湧水量

(2) 大土被り区間の高温岩体

TBM-2 工区の土被りが 900 m を超える付近から土被り増に伴い、岩盤温度および湧水温度が上昇した(図一5)。岩盤温度最大は 55 度、湧水温度最大は 56 度と非常に高く、作業環境、および作動油および潤滑油温度上昇等の TBM 掘削に影響を及ぼした。

TBM-2 工区において岩盤温度が 50 度以上の区間は約 5 km にも及ぶ。

高温対策として下記の対策を実施し、作業環境改善に努めた。

- ①TBM 本体および後方台車区間への冷却設備の増設(増設後冷房能力 450 kW × 2 セット)し作業箇所温度低下を図る(写真一4)
- ②TBM 先端作業水温度低下を図る為、水温の低い水源の確保、作業水温度上昇抑制の為の配管断熱材の設置、作業水量増量
- ③作業員坑内移動車への冷却装置の設置(水冷式 3.7 kW エアコン、冷却水搭載用 9 m³ 水槽、50 kVA 発電機)(写真一5)
- ④後方メンテナンス作業箇所への移動式特殊冷却設備の配置(冷房能力 230 kW、可搬型エアコン)

TBM-1 工区では、大量湧水が岩盤温度上昇を抑制していると推察され、土被りの増加に伴う岩盤温度の上昇する顕著な現象は見られなかった。

(3) 大土被り区間の山はね

本トンネルの最大土被りは 1,246 m であり、1,000 m 以上の土被り区間が 5 km と長いことが特徴である。土被り約 1,000 m 掘進地点で山はねが発生し、側壁に鱗片状の岩片の突出が断続的に確認された。山はねの発生直後の状況を写真一6、7に示す。山はね発生後の2次山はねは発生していないため、早期のファイバーモルタル吹付施工(t = 3 cm、全周施工)により山はねによる飛石災害を防止した。この対策により、



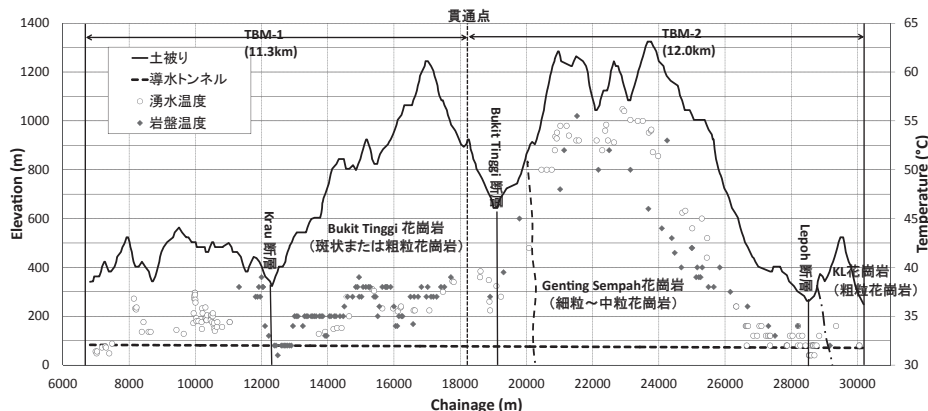
写真一4 TBM 後続 冷却設備搭載 (右側の設備)



写真一5 作業員坑内移動車への冷却設備搭載 (奥がエアコン)



写真一6 TBM-2 山はね発生状況 (切羽部)



図一5 TBM-1 工区と TBM-2 工区の岩盤温度と坑内湧水温度の分布



写真一七 TBM-1 山はね発生状況（左側壁部）

無災害で山はね区間の TBM 施工ができた。TBM-2 工区における山はね発生区間は 2,695 m にも及んだ。

(4) TBM メインベアリングの損傷

2013 年 4 月下旬, TBM-1 が 9,514 m, TBM-2 が 9,363 m 掘削したところで, メインベアリングの損傷が確認され, 掘削停止を余儀なくされた。損傷状況を写真一八に示す。損傷時のカッタヘッド回転数を表一三に示す。計画段階のリスク検討においてメインベアリング破損を考慮し, 2 個の予備メインベアリングを TBM メーカー側で準備させていたため, メインベアリング交換作業は TBM-1 では 2.5 ヶ月, TBM-2 では 2 ヶ月で完了することができた (写真一九)。



写真一八 TBM-2 メインベアリング損傷状況

表一三 カッタヘッド回転数実績

	TBM-1	TBM-2	TBM-3
TBM 先端位置	9,514.1 m	9,363.1 m	11,217.6 m (掘削完了)
カッタヘッド 累積回転数	5,060,985 rev	4,722,845 rev	4,172,829 rev
平均カッタ 貫入量	1.9 mm/rev	2.0 mm/rev	2.7 mm/rev
メインベアリン グ損傷の有無	有	有	無



写真一九 TBM-2 メインベアリング交換状況

6. TBM 坑内解体 (TBM-1, TBM-2)

TBM-1 工区と TBM-2 工区の貫通点は, TBM 坑同士の間と非常に稀なケースで, 2 台の TBM 解体は TBM 坑内貫通点での作業となる (TBM-3 工区は TBM-2 工区の TBM 発進基地での貫通となるため, TBM 解体は TBM-2 工区の TBM 発進基地での作業となる)。TBM 坑内解体の制約条件として以下の事項が挙げられる。

- ①TBM-1 工区の坑内湧水量は 12 t/分と多く, かつ下り勾配であるため, TBM-1 工区の排水設備の撤去は TBM-2 工区の吹付ライニング作業完了後となる。排水設備存置のままでの TBM-1 の解体搬出をする場合は, 坑内での解体分割数が多くなり時間を要する。
- ②TBM 解体作業場所の坑内温度は 42℃, 坑内湿度は 98%と作業環境が非常に厳しく作業効率が悪い。よって坑内解体作業を少なくする必要がある。以上の制約条件のもと, 以下に示す解体計画を立てた。

- ①TBM-1 と TBM-2 の両機体は TBM-2 発進基地側へ搬出する。
- ②TBM 解体場所拡張掘削は, TBM カッタヘッド解体のための最小拡張断面とする。
- ③TBM 坑内解体作業を最小限にするため, TBM カッタヘッド, ルーフサポート, サイドサポートおよびバーチカルサポートのみ坑内解体とし, TBM カッタヘッドサポート, メインビームおよびメイングリッパ等の主要部は自走式移動台車を

設置して一体のまま TBM 発進基地へ自走搬出する。

- ④ TBM 後続台車は 1 台ごと連結を切り離して、ディーゼル機関車にて一体のまま TBM 発進基地へ牽引搬出する。

TBM 発進基地から坑外搬出に関しては、TBM 発進基地にて TBM 本体を 12 軸の多軸式台車に載せ替えて、坑外へ牽引搬出した。TBM 解体・搬出状況を写真—10～13 に示す。

これにより、

- ① 坑内解体作業数量の削減および坑内火気作業削減による安全性の向上。無事故で TBM 坑内解体を

完了。

- ② 坑内 TBM 自走移動実績：923 m/ 日

- ③ TBM2 台の解体所要月数：5.5 ヶ月

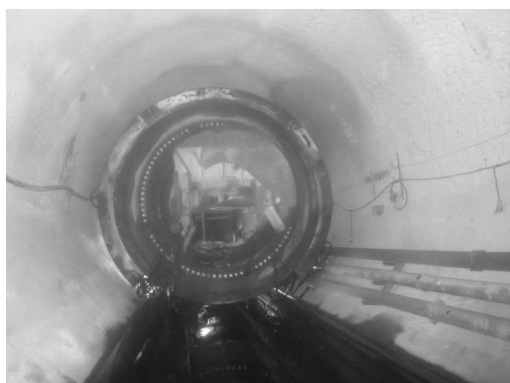
- ④ TBM-1 工区側での吹付ライニングの早期開始が可能となった。

7. おわりに

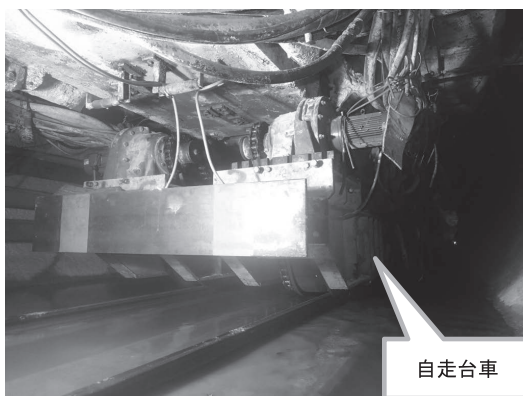
2009 年 6 月の着工以来、数々の困難に遭遇しながらも、現場スタッフおよび作業員が一体となって困難に正面から立ち向かい、工夫改善により困難を克服し、2014 年 2 月 19 日に東南アジア最長となる延長 44.6 km のトンネルを 47 ヶ月で掘削することができた。(写真—14)。2015 年 2 月下旬現在、TBM-2、TBM-3 工区の坑内作業は終了、TBM-1 工区は坑内設備撤去作業を進めており、工事完遂に向け現場一丸となって竣工に向け、最終段階である。

謝 辞

本工事の施工にあたり、マレーシア政府、エネルギー・環境技術・水資源省、ならびに東電設計・SMEC・SMHB、JICA、在マレーシア日本大使館の皆様から御指導、御支援を賜りましたことに深く謝意を表します。



写真—10 TBM-1 坑内移動状況



写真—11 TBM-1 坑内移動用台車取付状況（カッタヘッド側）



写真—12 TBM-2 発進基地到達状況



写真—13 TBM-2 坑外搬出状況（多軸台車にて）



写真—14 最終貫通状況

《参考文献》

- 1) 河田孝志, 仲野義邦, 水戸 聡: 全長 44.6 km, 最大土かぶり 1,246 m でマレー半島を貫く—マレーシア パハーン・セランゴール導水トンネル, トンネルと地下, 巻: 44, 号: 1, ページ: 33-44 2013
- 2) 河田孝志, 仲野義邦, 水戸 聡: 大量湧水や高温岩体を伴う花崗岩大土かぶり部 35 km を TBM で突破, マレーシア パハーン・セランゴール導水トンネル, トンネルと地下, 巻: 45, 号: 8, ページ: 27-38 2014
- 3) 水戸 聡: 東南アジア最長 44.6 km を TBM で貫通, マレーシア パハーン・セランゴール導水トンネル, 土木施工, 巻: 55 号: 12 ページ: 50-53 2014
- 4) T. Kawata, Y. Nakano, T. Matsumoto, A. Mito, F. Pittard, Y. Honda: Challenge in High-speed TBM Excavation of Long-Distance Water Transfer Tunnel, Pahang-Selangor Raw Water Transfer Tunnel, Malaysia, World Tunnel Congress 2013 Geneva Page 1-8

【筆者紹介】

河田 孝志 (かわた たかし)
 清水建設㈱ 執行役員 土木技術本部
 本部長
 (前) 清水建設㈱ 西松建設㈱ UEMB IJM 共同企業体
 所長



仲野 義邦 (なかの よしくに)
 清水建設㈱ 西松建設㈱ UEMB IJM 共同企業体
 副所長



岩野 健 (いわの たけし)
 清水建設㈱ 土木技術本部 機械技術部



台湾における地下鉄工事への取り組み

中 島 健 一

日台関係は日中国交が回復した1972年に公式外交を終了しているが、両国は地理的、歴史のおよび経済的關係など強い結びつきを実質的に維持してきた。その中、我々日系建設会社も様々な機会を通じ、台湾の社会資本整備に貢献してきた。歴史を遡れば1899年から台湾での建設事業第一歩を踏み出した弊社は、台湾地下鉄建設事業においても幾つかの設計・施工工事に係ってきた。以下本文では弊社が台湾で建設に携わった5工区の概要と、今後の台湾地下鉄事業の計画の紹介をしたい。

キーワード：台湾、地下鉄、シールド、トンネル、地下駅、操車場、連続壁

1. はじめに

1980年代、台湾がアジア四小龍（台湾、韓国、シンガポール、香港）の一角として家電産業、電子情報産業を中核に急速な経済成長を遂げ始めた時期、台湾地下鉄建設事業もその産声を上げた。台湾初の地下鉄建設は台湾北部の台北市内を走る内湖線で1988年から施工が開始され、現在まで台北市・新北市には総延長136kmの地下鉄網が完成、建設中の区間を加えると167kmに及んでいる。台湾南部の高雄市にも2路線総延長43kmの地下鉄が開業しており、台中市、桃園県でも地下鉄（高架部）が建設中である。図—1に台湾の主要都市を示す。

台湾地下鉄工事の特徴は着工から竣工までの工期が

長い点だが、これは一工区の規模が大きいこと、工事契約に機電設備が一括で含まれることなどが原因となっている。弊社は、台湾地下鉄工事において次の5工区間の設計・施工に関ってきた：① 台北市・新北市 板南線CP262工区、② 高雄市 高雄地下鉄紅線CR4工区、③ 新北市 蘆洲線CL700B工区、④ 台北市・新北市 新莊CK570C工区、⑤ 新北市 新莊線CK570E工区である。図—2台北市・新北市地下鉄各工区の路線位置を示す。



図—1 台湾地図と主要都市の位置



図—2 台北市・新北市地下鉄路線網

2. 板南線 CP262 工区の施工

本工事は台北市とそれを取り囲む新北市を跨って運行する地下鉄板南線の一部である。当工区は台北市南西部と新北市・板橋区の境界河川を横断する単線並列シールドトンネル工事（セグメント外径 6.1 m）で、掘削延長は上り 1,892 m、下り 1,906 m、およびクロスオーバー部 103 m と深度 36.5 m の換気立坑を含む。全体工期は着工 1992 年 7 月から竣工 1999 年 3 月で、**写真—1** に完成後の下り線シールドトンネル坑内の状況を示す。

同工区のルートが台北の大河・淡水河と支流・新店溪の合流付近における氾濫原に位置し、大量の流木が想定された。施工では土圧バランス式シールドマシンのカッターに先行ビットを取り付け、流木を切断してゲート内に取込むことが出来た。また最大土被り 27.3 m、最大地下水圧 2.4 kgf/cm^2 、更に土被りの浅い新店溪を横断するため、掘削排土バランス、漏水防止対策、裏込め注入対策等の管理に重点を置くとともに、異常出水に対してはスクリュゲートを二重、テールシールを三段にするなどの対策を取った。本工事は当時地下鉄トンネルとして台湾初の大河床下掘削の事例として注目を集めた。



写真—1 下り線シールドトンネル坑内

3. 高雄地下鉄紅線 CR4 工区の施工

本工事は台湾南部の高雄市における初めての地下鉄事業で、高雄市中心街を東西に走る紅線（レッドライン）と橘線（オレンジライン）の交差駅とトンネル区間である。当工区の交差円形地下駅は美麗島駅と呼ばれ、**写真—2** に示される様に内径 140 m、深さ 60 m、壁厚 1.8 m の円形連続壁の土留め工法が採用された。また当工区には紅線と橘線の単線並列シールドトンネ

ル（セグメント外径 6.1 m）4 本も含まれ、トンネル掘削延長は紅線計 450 m、橘線計 1,240 m、開削部計 943 m となっている。全体工期は着工 2001 年 11 月から竣工 2008 年 9 月である。**写真—3**、**4** に完成後の美麗島駅地上部と地下 1 階コンコースを示す。

当初地下駅は複雑な多角形、地下連続壁と切梁支保工による土留め構造として計画された。しかし、設計施工である本工事では周辺地盤の沈下抑制、交通維持の容易さ、工期短縮などの観点から無支保が可能とな



写真—2 円形地下鉄美麗島駅の構築状況



写真—3 美麗島駅の地上部完成状況



写真—4 美麗島駅地下 1 階コンコース

る円形連続壁工法を提案し、採用された。地質は粘着力を持たないシルト質細砂層と砂質粘土層が主体となっており、特に前者の地層では連続壁掘削及びシールドトンネル掘削時に細砂の噴出の危険性があり、慎重な施工が要求された。

その為、円形連続壁施工では溝壁崩壊対策として、コンクリートカッティング工法(幅3.2mの146分割、1ガット1方式)を採用した。台湾初の施工であった為 EMX 掘削機2台の日本調達、機械操作・安定液製造管理・鉄筋組み立てなどに日本人オペレーター・スーパーバイザーを配置するなど、十分な施工体制をとった。また同円形連続壁はシールドトンネル工事の発進立坑として利用したが、安全性、防護用地盤改良時の道路占有、コストなどを勘案し、発進部の連続壁鏡部には鉄筋に替えて、直接シールドマシンで切削可能なガラス繊維素材による NEFMAC 工法を用いた。

4. 蘆洲線 CL700B 工区の施工

本工事は台北市北西に位置する新北市蘆洲区・三重区から台北市中心街に至る蘆洲線の内、終着駅である蘆洲駅と接続する蘆洲操車場、3駅(蘆洲駅、徐匯中学駅、三民高中駅)、単線並列シールドトンネル(セグメント外径6.1m)総延長4,261m、操車場への開削アプローチ部515mを含んだ全線4.6kmの広範囲な工区で、工期は着工2002年1月から竣工2012年7月である。

蘆洲区は近年まで湿地帯や水田が多く見受けられた台北大河である淡水河の軟弱堆積地盤上に形成された土地で、特に淡水河沿いの埋立地に計画された敷地16haの操車場と開削アプローチ部は軟弱地盤対策が必要となった。操車場は地盤改良としてプレローディング工法が採用され、20万 m^3 の良質土埋戻し、25m打設杭3,000本上にRCスラブ構築、建屋構築の施工手順となった。盛土や構築物の高さは洪水時検討から決定するとともに、操車場内では14箇所で沈下計測を実施し、動態観測結果をフィードバックしながらの施工となった。

一方、終点の蘆洲駅から操車場までのアプローチ部は堆積地盤のうちGL-3mからGL-20mに分布する砂質土層で地震時液状化による地中構造物の浮上がり問題となった。浮上がり防止対策工とし、操車場から蘆洲駅までの明かりトンネル部底版スラブ下には場所打ち杭、それに続く開削トンネル部側面には連続壁を施工、場所打ち杭と連続壁ともその下端はGL-30mとした。また開削トンネルに接続するシールドトンネ

ルの一部にはトンネル内部から液状化対策としてトンネル下半周に地盤改良を実施するとともに、無筋連続壁を施工して地盤を拘束する対策をとった。写真—5に駅舎に接続するクロスオーバー部、および写真—6に蘆洲操車場全景の航空写真を示す。



写真—5 クロスオーバー部の構造



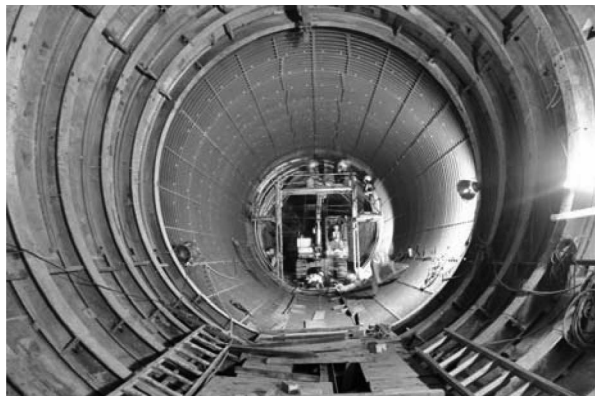
写真—6 蘆洲操車場の全景

5. 新莊線 CK570E 工区の施工

本工事は台北市とその西側に隣接する新北市新莊区・三重区を結ぶ新莊線の内、新北市側終着駅である廻龍駅、丹鳳駅、輔大駅の3駅、単線並列シールドトンネル(セグメント外径6.1m)総延長7,273mを含んだ全線4.3kmに跨る工区です。工期は着工2001年9月から竣工2013年12月である。新北市郊外に伸びる新莊線では地下鉄建設に伴い周辺都市開発も進んでいる。本工区ではトンネル掘削後に丹鳳駅と輔大駅の間地点で周辺ビル建設の土留め工事の影響で完成トンネルが変状する事例が発生した。

この事例では連続壁外面とシールド外側の最小離間距離は僅か3.02mで、ビル側連続壁の孔壁防護とし

て追加の CCP を施工中に連続壁の外側に地盤が押し出され、トンネルが最大で水平に 3.1 cm 変形した。事故発生後の検討では強制変形により設計で要求される安全係数をオーバーするセグメントが 24 リング確認された為、コンクリートクラックへの注入実施とともに、写真一七に示す 28.8 m 区間に鋼製補強リングを設置するとことで対応した。



写真一七 トンネル変状部の鋼製補強リング設置

6. 新莊線 CK570C 工区の施工

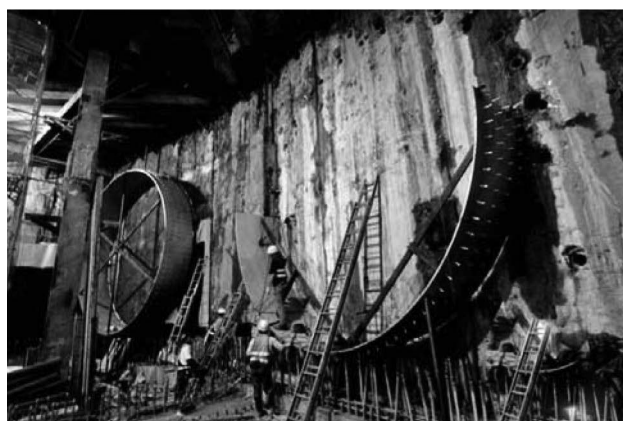
本工事は先述した新莊線のうち、3 駅（台北橋駅、葉寮駅、三重駅）、淡水河内に構築した分岐立坑 1 箇所、単線並列シールドトンネル（セグメント外径 6.1 m）総延長 4,728 m を含んだ全線 3.2 km に跨る工区で、工期は着工 2002 年 5 月から竣工 2014 年 3 月である。

本工事の特徴は何と言っても新莊線と先に紹介した蘆洲線を分岐させる為の施設である。特に分岐立坑は淡水河内構築であり、難工事として注目を集めた。シールドマシンの発進・到達基地ともなる分岐立坑は、写真一八に示すように台湾随一の大河である淡水河を部分的に埋め立てて構築した。築島時には河床保護として栗石敷工 21 万 m^3 、護岸ブロック工 8,500 個も同時に施工している。

本分岐立坑の床付け深度は 40 m で、連続壁掘削深度は 60 m、連続壁厚さは 2 m と台湾最大規模のものとなった。地質的には深度 60 m 付近に被圧滞水層である景美層と呼ばれる礫層が存在したため、地下水低下工法や連続壁下端付近の薬液注入による地盤改良を併用し、湧水対策を行いながら掘削を完了させた。写真一九に分岐立坑内のシールド発進（奥）、到達（手前）準備状況と、写真一〇に新莊線と蘆洲線の合流部を示す。



写真一八 淡水河埋立てと分岐立坑



写真一九 分岐立坑内のシールド発進、到達（手前）準備



写真一〇 新莊線と蘆洲線の合流部

7. 今後の台湾地下鉄建設計画

台湾地下鉄建設は今後も多くの路線が計画されている。2008 年以降台湾の政権を担当している国民党・馬英九政府が掲げる“愛台湾 12 建設”計画では地下鉄などの交通網整備が事業計画の一つの柱となっており、来年度以降も台北・新北市の萬大線一期、台北市の信義線延長線、桃園縣の桃園空港緑線一期の工事出

件が予定されている。将来的には台北市の環状線北側、環状線南側、南北線、台北市・新北市の萬大線二期、民生汐止線、安坑線、桃園縣の桃園空港緑線二期、紅線など総延長70 km以上の計画が進められている。台中市や高雄市でも共用中又は建設中以外の路線計画はあるが、台北・新北市の路線が台湾地下鉄事業の中心になると想定している。

昨今工事入手における台湾現地業者との競争は非常に激しくなっているが、大都市での路線が増加するにつれ大深度であったり、施工条件の厳しい工区が増え、これまでにない大断面、異形断面やその他の特殊シールド技術が要求されている。今後も技術的に我々日系業者の優位性を発揮できる工事で、台湾における地下鉄建設事業の一端を担っていければと思う。

8. おわりに

謝 辞

1992年以降、弊社は5地下鉄工事を継続しており、この間企業者など多くの関係者のご支援を得てきた。誌面をお借りしてお礼を申し上げます。また本文を作成するに当たり写真などを提供して頂いた各現場担当の皆さんに感謝の意を表す。

J C M A

【筆者紹介】

中島 健一（なかじま けんいち）
鹿島建設㈱ 海外土木支店
土木部長



ネパール国シンズリ道路建設事業

日本の山岳道路建設技術の粋を集めて完成した 無償資金協力援助最大級の事業

藤 澤 博・田 内 宏 明・笠 原 慶

シンズリ道路建設事業は、インド国境を跨ぐテライ平原からネパール国の首都カトマンズ盆地を結ぶ160 km に及ぶ本邦の技術支援および無償資金協力による山岳道路の建設事業である。資源の限られたネパール国の実情に応じて、日本の山岳道路の経験を設計と施工に活かし、さらには政治的にも不安定な状況が続く中、20年の歳月を要して完成した。ここでは、最後の工事となった2件より山地部の道路構造物と斜面对策工の事例を報告する。

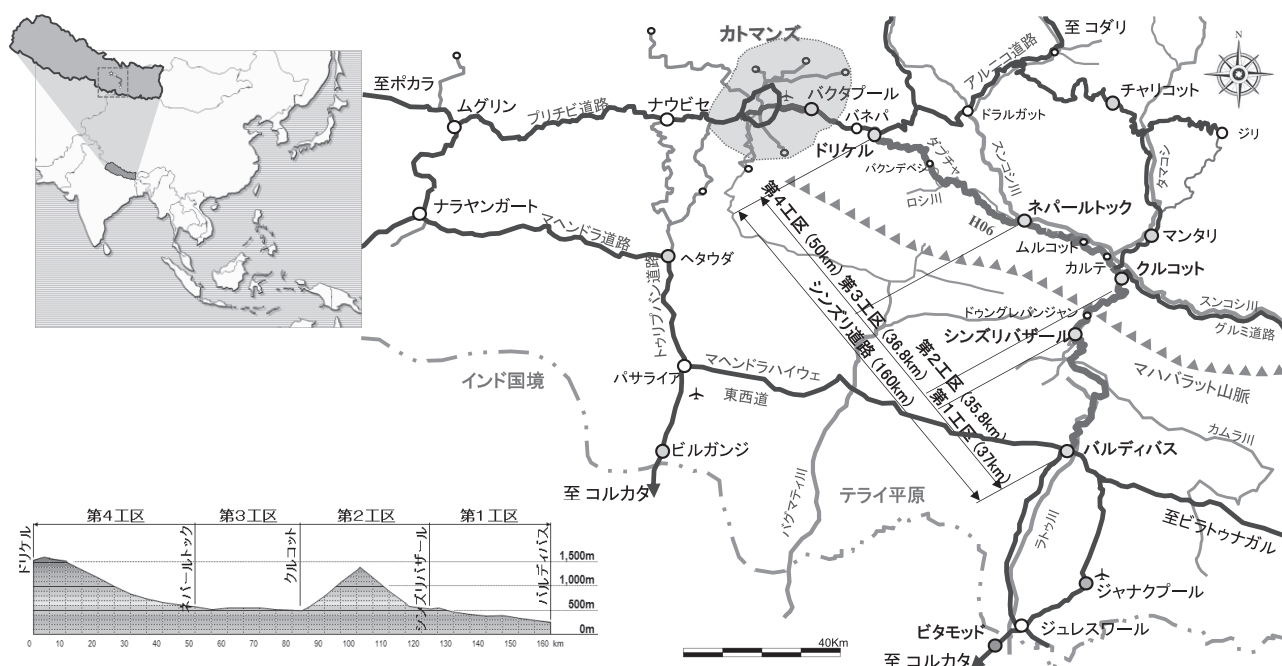
キーワード：山岳道路，ガビオン擁壁，ジオテキスタイル補強盛土壁，高強度ネット斜面安定工

1. はじめに

シンズリ道路（国道6号線）は、ネパールの首都カトマンズとインド国境を結ぶ第二の幹線道路であり、インドおよび肥沃な南部テライ地域からの安定した輸送ルートを確認するとともに輸送距離短縮に伴う国家レベルでの経済効果、および開発の遅れた中部山岳地帯の社会経済開発の促進と地域住民レベルの裨益効果が期待される建設事業である。

新設となる山岳道路は、カトマンズ盆地とテライ平原を遮る2,000 m級のマハバラット山脈を横断し、亜

熱帯地方の豪雨、地滑り地形が発達する脆弱な地質、急峻な山地や河川に沿った岩盤急傾斜地を通過するなど厳しい自然条件にある。また、幹線道路としての機能のみならず多くの集落を結ぶ生活道路としての役割を担うが、道路沿線はネパール政府による自然環境保護政策が厳しく実施されており、森林の伐採と植林、土壌侵食・水質汚濁への配慮、さらには地域住民に対する用排・灌漑水路の保全、耕地・農作物への影響軽減、掘削残土の処理、粉塵公害への対応などきめ細かな社会環境配慮が必要とされた。



図ー1 プロジェクト道路網図

2. 工事概要

(1) 工事概要

地勢を踏まえ四つの工区に分けられ、11件の事業により段階的に建設された(図—1)。

●第1工区(バルディバス～シンズリバザール:延長37 km, 工期1995年～1998年2月)

道路の起点となる南端のバルディバスよりテライ平原北端までは日本が供与した建設機材を用いて原野を切り開いた未舗装道路があるが、雨季に河川は通行不能となることから、9橋梁および17基の越流式コーズウェイの建設が主体となった。

●第2工区(シンズリバザール～クルコット:延長36 km, 工期1999年～2009年3月)

年間降雨量2,500 mm～3,000 mm, 標高差1,000 mに及ぶマハラバット山脈越えの区間は、厚い断層破砕帯を伴う主境界衝上断層を超え斜面崩壊や土砂災害の発生する箇所が多く、厳しい自然条件の中、全51箇所のヘアピンカーブを含むつづら折りを施工する難工事区間となった。

●第3工区(クルコット～ネパールトック:延長37 km, 工期2008年～2015年3月)

スンコシ川沿いの崩壊・地滑り地形を含む急峻な山腹と河岸を通過する区間であり、崩壊地を避けるなど計15箇所のヘアピンカーブが計画された。また、多くの集落や耕作地近傍を通過するため、政府による土地取得および家屋補償には時間を要し工事にも少なからず影響が生じた。

●第4工区(ネパールトック～ドリケル:延長50 km, 工期1996年～2003年3月)

スンコシ川の支流であり洪水時には土砂やレキを伴って流下する砂防河川となるロシ川、ダプチャ川沿いを通る新設道路区間から、残る1/3の区間は標高1,600 mに及ぶ終点ドリケルまで未舗装の山道があった。風化岩滑りと斜面の崩壊の問題を有するため土壌侵食対策と斜面による植生の使い分けなど環境に配慮した計画とした。工事終盤には、ネパール国全土に亘る記録的な大雨によるロシ川の氾濫により完成した道路の一部が流失するなど甚大な被害を受けたが、2003年～2005年2月の追加事業によって修復された。

(2) 道路計画のコンセプト

シンズリ道路建設プロジェクトは以下の5つのコンセプトのもとで実施された。

①国道としての全天候型機能を維持し、安全でスムーズな交通を確保する事

②道路構造の最小化と現地発生材を用いて無償資金協力事業として建設費の最小化を図る事

③ネパールの財政事情を考慮し、排水工や道路斜面对策に最大限に配慮し、完成後の維持管理費の最小化を図る事

④自然や社会環境への影響を最大限に配慮すると同時に沿線影響住民の雇用を通じて地域社会への貢献を図る事

⑤建設工事を通じて道路防災技術に係わる技術移転を図る事

(3) 設計の基本スタンス

事業費と斜面崩壊の多発や大規模な地滑りを誘発しないようバランスを保った「環境に優しい」建設を設計の基本スタンスとし、道路計画に大きな影響を与える設計速度、道路幅員、路線計画、橋梁および構造物計画については、以下の基本方針で計画した。

- 1) 無償資金協力事業として建設費の最小化を図るとともに、脆弱な地質と急峻斜面に長大法面を生じさせないように、山地部にある第2～4工区の道路幅員は国道としての最小道路幅員である1.5車線の4.75 m道路とし、設計速度も20～40 km/hrとした。将来的には全線開通後の交通量の増加に応じて、ネパール側が段階的な道路拡幅を行うことが確認されている。
- 2) 路線計画においては、ハザードマップを作成して現地の自然条件を確認し、危険箇所を回避するとともに、想定されるルート上の斜面の安定解析を行い道路斜面・防災対策を講じた。具体的な検討のステップは、①土地利用図にもとづいて、主要な集落、耕作地を考慮しながら路線位置を決定(地図1/25,000を使用)、②地質図と地形図を参照しながら大まかな路線位置を決定(地図1/10,000)、③現地踏査をもとに斜面崩壊や地滑りの可能性を示したハザードマップを作成(地図1/5,000)、④概略設計ではハザードマップに示された斜面崩壊などを考慮した線形設計を実施(地図1/2,000)、⑤詳細設計にて線形を確定(地図1/2,000)した。
- 3) 道路構造物の計画では、建設費の縮減のみならず維持管理に優位となる現地発生材を利用した構造とし、石材を最大限に活用したガビオン擁壁、石材の間詰めにはプラントで製造したコンクリートを用い強度と品質を確保した練石積、重力式等各種擁壁や排水構造物を基本に、ハザードマップと現地踏査に基づき切・盛土、擁壁高、地滑りや湧水の有無等に応じたきめ細やかな配置を行った。

- 4) 道路の機能を健全に保つため、土壌侵食を防ぐ環境に優しい緑化工などを含む斜面对策、排水施設においては流入・流末工を最大限に配慮した。維持管理に関わる計画や技術が発展途中にあるネパールでは、完成後の道路維持管理の負担を軽減できる施策となった。

3. 山岳道路工事（第3工区2期工事）

(1) 山岳道路工事

シンズリ道路最後となった未接続区間は、工事前に地元による低品質な仮道路が完成していたことから、全面展開による工事が可能となり工期短縮にも貢献した。その反面本線と交錯あるいは並走するため、年々増加する通行車輛への対応は大きな問題となり、施工では以下を最重要課題として対応した。

- ①急傾斜に沿った狭隘なヤードしか確保できず、大型建設機械の導入が限定されるため、人力主体の施工計画
- ②未舗装の狭隘な既設道路を工事用道路として共用するため、一般車輛の交通規制と歩行者の円滑な誘導と安全対策
- ③沿線の多くの集落や耕作地に配慮した騒音、振動、排気ガス、粉塵等の環境対策の徹底
- ④急峻な山岳斜面における施工だけでなく、一般車輛や沿線住民も対象とした安全管理の徹底

(2) 建設機材の調達と資材の調達

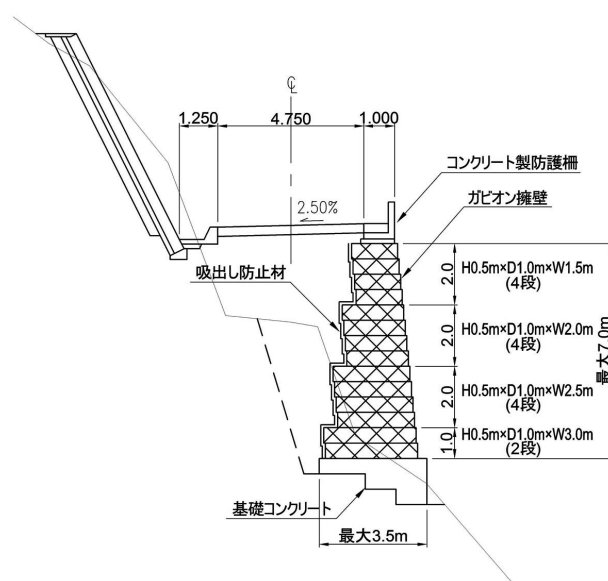
本工事に対する建設機械の導入には、狭隘なヤードだけでなくインド港湾地域若しくはカトマンズからの陸路搬入の可否による大きな制約を受けた。また、導入する120台を超える建設重機の選定に際して、インド国を含む周辺地域からのメンテナンス資材調達の容易性も重要な検討事項となった。さらに、当該現場は、カトマンズより約100km離れた都市機能の脆弱な地域に位置しており、安定的な資材供給者が皆無であり、さらに建設資材の調達は工区内の脆弱な搬入路の問題もあり困難であった。従って、アスファルトコンクリート用を含めた各種骨材、路盤材の原材料の調達をはじめプラントの設置および管理も直営で実施した。なお、コンクリートおよびアスファルトは、採石場・プラント毎に原材料の強度特性および気象条件等に基づき配合を決定し、その変化に応じて是正を行うなど原材料も含めた品質管理を徹底した。

(3) 天然資源の活用（「ガビオン擁壁」）

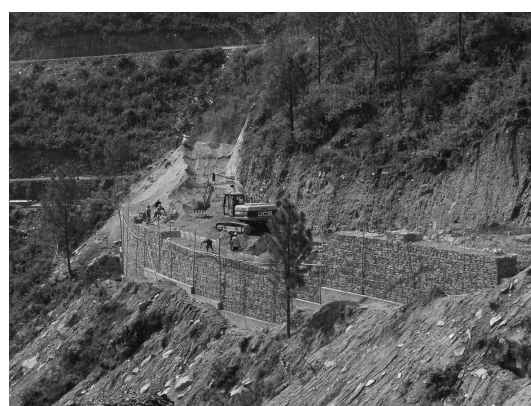
当道路沿線は厳しい急峻な山岳地帯を通過しており、最低限の切土形態が要求されるため、道路幅員の確保には谷側への土留め構造物の計画が不可欠であると同時に、切土による建設廃棄物の最小化が課題であった。従って、主たる土留め構造物として壁高7mを上限とした「ガビオン擁壁」を採用し、現地発生材（約70,000 m³）の有効活用を図った。

ガビオン擁壁は、床付面まで掘削後、基礎地盤の斜面勾配や地質状況に応じて階段状に基礎コンクリートを打設し、高さ50cmのプラントで編んだガビオン金網に詰め石を行い、これを必要段数積み重ねる構造であり、背面には埋戻し材の細粒分の流出防止を目的として吸出し防止材を全面に布設した。なお、土圧に応じて基礎コンクリートは、基礎地盤の斜面勾配や地質状況に応じて階段状に打設した（図—2、写真—1）。

また、ガビオンの構築に際しては、熟練の石工によるものが基本であるが、地元住民の雇用が必須であり経験不足が想定されたため、新規入場時の技術訓練



図—2 ガビオン擁壁標準横断面

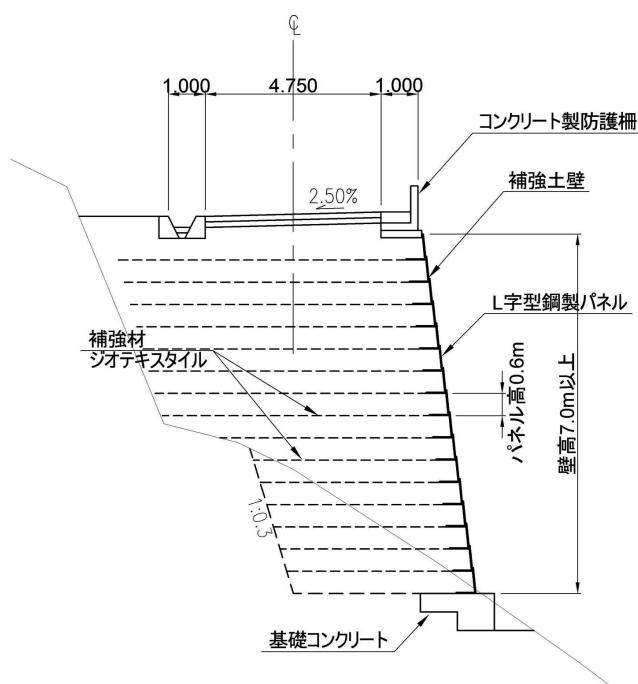


写真—1 ガビオン擁壁工事写真

や、石材の取捨選択や積み方の技術向上による品質確保ならびに技術移転を図った。

(4) 本邦技術の活用（「ジオテキスタイル補強盛土壁」）

ガビオン擁壁と同様に、ネパールの限られた天然資材を活用した抑止工としてコンクリートを用いた重力式石積み擁壁工や練石積み擁壁工、抑制工として法枠工やコンクリート吹付工などが設計されたが、これら構造物では対応が困難な急峻な地形に対しては補強盛土壁を導入した（図—3、写真—2）。我が国における補強盛土壁の工法ならびに採用事例は潤沢であるが、ネパールの山岳地域においては施工実績のない工法であり、主たる構成部材は本邦からの輸入によるものとした。



図—3 補強盛土壁標準横断面図



写真—2 補強盛土壁工事写真

本工事で採用した補強盛土壁は、床付面まで掘削後、基礎コンクリートを打設し、下部より壁前面部のL字型の鋼製パネルに引張抵抗力とせん断抵抗力を持った補強材（ジオテキスタイル）を連結し、必要長を敷き詰めた補強材の上部に盛土材を投入し振動ローラによる締固め、これを必要壁高まで各層厚 60 cm で順次繰り返す構造であり、本工事では最大 30 層（最大壁高 17.8 m）を構築した。

地山と盛土の境界部ならびに盛土の中間層に、透水性を有した排水板を設置し、盛土内部の排水経路を確保するとともに、鋼製パネル背面に植生マット敷設し、緑化と土の抜け出し防止を行っている。

(5) 無事故無災害に向けた取り組み

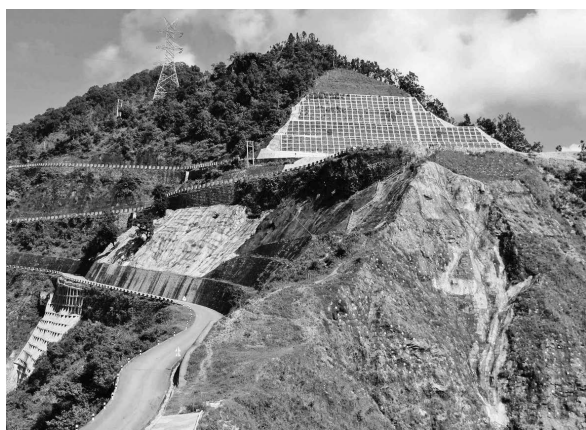
当該工事では作業員の安全に対する意識、知識および経験不足や運転手の技量不足だけでなく一般車輛の整備不良や沿線住民の機械に対する過信が懸念された。したがって、作業員への各種安全教育だけでなく道路利用者や沿線住民を含む地域全体を対象とした安全教育を継続的に実施した結果、延 450 万時間を超える無事故無災害記録を達成した（写真—3）。



写真—3 作業員対象の車輛の死角体験

4. 斜面对策工事（第2工区斜面对策工事）

マハラバット山脈超えの第2工区では、長期・局所的な降雨により斜面崩壊が急速に進行し、このまま崩壊が放置された場合にはシンズリ道路が深刻なダメージを受ける可能性があった。斜面の浸食防止工法として日本の技術と経験を活かしたロックボルトと高強度ネットを併用した「高強度ネット斜面安定工」をネパールで初めて採用した。



写真—4 工事後の対象斜面（写真右側斜面）



写真—5 ウィンチを用いたロックボルト施工



図—4 ライトロックドリルの構造

(1) 斜面对策工（「高強度ネット斜面安定工」）

対象斜面の地質は、上部が石英片岩、下部が砂質・泥質片岩であり、斜面勾配は45°程度と急峻でなおかつ風化が進み緩んだ状態にあった（写真—4）。5,500 m²の施工範囲に対しロックボルト1,700本（L = 3m）を打設した。削孔には、140 kgと軽量なため人力運搬が可能なライトロックドリル（ヤマモトロックマシン(株)LRD-LD90WWS-3）を採用した（図—4）。この機械は、種々の岩種に応じた掘進力および速度調整が可能であるという特徴を持つ。また、離れた場所から削孔作業が可能のように工夫し、不安定かつ急斜面での作業において安全を確保した。

対象斜面の上部にシンズリ道路が位置するため道路脇に25tラフタークレーンを配置し、クレーンを用いてドリルを吊り下げて削孔した。斜面長が70mを超えるためクレーンでは届かない場所は、削孔位置への移動は人力で行った後、ウィンチとワイヤーを用いて3点支持によりドリルを固定させた（写真—5）。移動および角度方向調整に要した作業時間は、クレーン施工が15分/本、ウィンチ施工で25分/本であった。ウィンチ施工における一番危険な作業は、急峻な斜面上でドリル本体を立ち上げさせる作業であり、現場では、安全性と施工効率の両面から、この立ち上げ作業回数をできる限り減らすように段取りを工夫した。この結果、掘削出来高は、1台あたり最大81m/日（27本）であった。上部斜面では硬質の地質の介在により毎時10cmの削孔となるケースや、反対

に下方斜面では風化が進み自立できない孔壁の崩壊に伴う、ロッドの締め付けによるトルク不足やロッドの引抜きが困難となるケースがあった。このような個所では、熟練した日本人技術者が対応した。

本工事において海外での施工として直面した問題は以下の通りであった。

- ①ネパールのオペレーターに作業手順、孔内洗浄の重要性等作業上のポイントを理解させるのに時間を要した。
- ②ライトロックドリルのような特殊機械は、多くの消耗パーツからなるが、海外では調達に時間を要することから、余裕をもったパーツの確保が必要となった。
- ③地元作業員による機械の操作は、技術移転となる反面、パーツの早期消耗に繋がり、想定を超えた空輸による取り寄せが必要となった。免税ではあるが、税関から引き取りに至る書類のやり取りは煩雑であり時間も要し、本工種の作業期間・費用に影響した。

(2) 技術移転と安全管理

当地区はシンズリ道路沿線の中で最も降雨の多い地



写真—6 斜面でのトレーニング実施状況

域であることと急峻な崩壊地での作業であったため、作業開始前に浮き石等がないか入念な現場確認を行い、危険因子を事前に取り除いてから作業を開始した。作業は日本人1人とフィリピン人1人と10人程度の地元作業員で実施した。地元作業員にはロックボルトの削孔を含めて高所での作業や技能を有する工事の経験がないため、作業前には工法の目的、工法手順、機械の操作方法の教育を実施した。また、45°に及ぶ急斜面での作業となるため、ロープワークと安全帯使用の重要性の教育と事前トレーニングを繰り返し行い実施に臨んだ（写真—6）。

5. おわりに

本編後半で紹介した、第2工区斜面对策および最後の工区となった第3工区2期工事は、2015年1月および3月に相次いで完工した（写真—7）。事業のフィージビリティ調査を国際協力機構（JICA）が開始したのは今から30年前の1985年であり、その後もネパールは民主化運動の激化、王制の廃止・共和制の宣言、



写真—7 第3工区つづら折り区間の完成写真

初の憲法制定議会選挙や憲法公布に関わる政治の混迷と不安定な治安状況が続く中、事業中止や長期の工事中断に追い込まれることなく2015年3月に全線開通を迎えた。設計では道路線形および構造物は、自然条件や環境、経済性など様々な要素が考慮されたが、施工段階で、①沿線住民の労働者としての活用、②環境保全への取組み、③既存の排水・灌漑施設の保持、④地域住民および通行車輛の安全対策など、きめ細やかな配慮により近隣住民との意思疎通を図ったことが安定的な事業の遂行の礎になったと考える。

謝 辞

最後に、本計画および工事にご尽力いただいたすべての機関、関係各位ならびに施工会社である(株)安藤・間の皆様方に深く感謝を申し上げます。

JICA

【筆者紹介】

藤澤 博（ふじさわ ひろし）
日本工営(株)
コンサルタント海外事業本部
副技師長



田内 宏明（たうち ひろあき）
日本工営(株)
コンサルタント海外事業本部 水資源事業部
地圏防災室
副参事



笠原 慶（かさらは けい）
日本工営(株)
コンサルタント海外事業本部 開発事業部
道路橋梁部
副参事



ベトナムハノイ市における交通インフラ整備

工期短縮への取り組み

向 市 博 昭

ハノイ市内の渋滞緩和とハノイ市を中心としたベトナム北部地区の経済発展への寄与を目的としたハノイ市環状3号線の整備が進められている。

ハノイ市環状3号線建設プロジェクトフェーズ2はハノイ市環状3号線の南西区間約9kmの高架橋の建設である。交通量の多い既存の道路に隣接して高架橋を建設するため、工事の実施に際しては事故防止のために厳格な安全管理が要求された。

また、一方で、顧客からの工期の大幅な短縮の要求に基づき、大規模な資機材を投入し、工事を大型化プレハブ化することにより、高品質を保ちながら重大事故なく工期を大幅に短縮して工事が完了した。

キーワード：都市内高架橋、工期短縮、大型化プレハブ化、大規模設備、隣接工事、安全管理

1. はじめに

1986年からのドイモイ政策の実施によりベトナム経済は急速に発展した。それ以降、ハノイ市はベトナムの首都として、また、北部経済圏の中心都市として重要な役割を担っており、ベトナムの発展にとってハノイ市内の都市機能の強化が重要な課題であると認識されている。特に、近年の経済発展に伴う人口の増加やモータリゼーションの進行に伴い都市交通量が急速に増加している昨今では、ハノイ市のインフラ整備が必要不可欠となっている。

ハノイ市から南北の大動脈である国道1号線が北はランソン、南はホーチミン市に通じ、国道5号線は北部の主要港であるハイフォン港へ、更に国道18号線はハロン湾のカイラン港へ通じている。このような主要道路がつながるハノイ市では通過交通が市内を通行することもあり、近年、交通渋滞が大きな問題となっており、周辺地域への物流を担うトラックの通行にも支障をきたす状況に陥っている。

そのため、ハノイ市内の交通渋滞の緩和とハノイ市周辺の物流の改善を目的として市中心部を迂回するバイパス機能を有するハノイ市環状3号線の整備が決定された。

これを受けて、2002年11月にハノイ市環状3号線の南部区間12kmを建設する紅河橋建設プロジェクトパッケージ1の工事が開始され、その後、当プロジェクトは18kmに延伸され、2011年1月に全線が開通

した。また、2010年7月に当プロジェクトに隣接するハノイ市環状3号線建設プロジェクトフェーズ2のパッケージ3の工事に着手した。

2. プロジェクトの概要

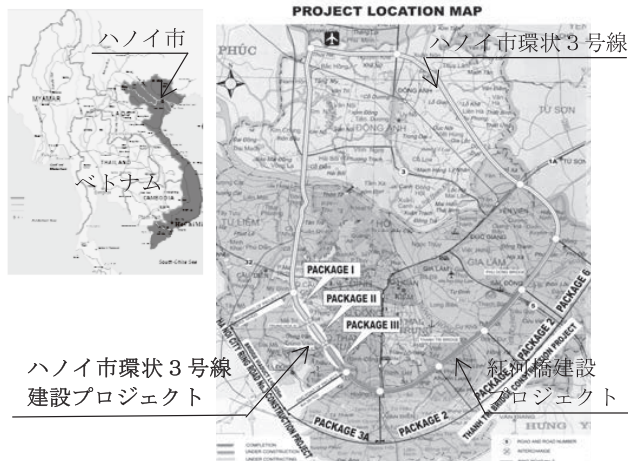
ハノイ市環状3号線建設プロジェクトフェーズ2は全長約65kmのハノイ市環状3号線の南西区間における約9kmの高架橋と2ヶ所のインターチェンジの建設工事である。

2007年にフィージビリティースタディが実施され、翌年、本プロジェクトへの国際協力機構（JICA）のODAローンの提供が決定した。これを受けて、2008年3月から詳細設計が実施され、その後の入札手続きを経て2010年6月に工事が開始された。工事は概ね順調に実施され、予定より約15ヶ月早い2012年10月に全線が開通した。

ハノイ市環状3号線建設プロジェクトフェーズ2の概要は以下のとおりである（図—1）。

件 名	ハノイ市環状3号線建設プロジェクト フェーズ2
場 所	ベトナム国、ハノイ市
顧 客	ベトナム政府、交通運輸省
資金調達	国際協力機構（JICA）円借款
施工業者	三井住友建設(株)他
施工管理	(株)オリエンタルコンサルタンツ、 (株)片平エンジニアリングインターナシヨナ

ル、現地コンサルタント
 延長 8,912 m
 高架橋：8,521 m、取付道路：391 m
 幅員 24 m (4車線)
 工区 3工区 (パッケージ1～パッケージ3)
 工期 870日－902日 (約30ヶ月)



図一 位置図

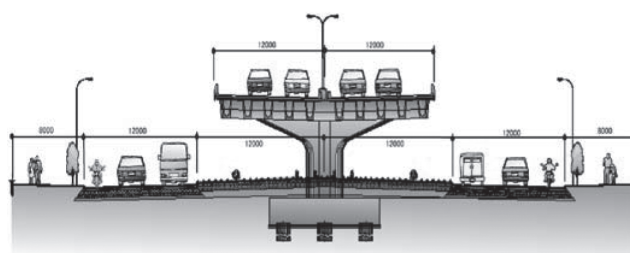
ハノイ市環状3号線建設プロジェクトフェーズ2における高架橋の構造形式は以下のとおりである。

上部工 プレストレスコンクリートU桁
 (スーパーT桁) 標準支間：40 m
 下部工 鉄筋コンクリートT形橋脚 (1本柱)
 プレストレスコンクリート梁
 基礎工 場所打ち鉄筋コンクリート杭
 付帯工 鉄筋コンクリート擁壁

3. プロジェクトの特徴

本プロジェクトはハノイ市で初めての都市内での高速道路の建設工事であり、高架橋の建設時には隣接する側道は既に開通していた。そのため、既に用地買収と家屋移転が完了しており、一部の公共施設の移設以外は工事進捗に支障となる懸案事項はなかった。このため、ベトナムの大半のプロジェクトのような用地引き渡しの遅れによる工事進捗の遅れの懸念はなかったが、これまでの郊外での橋梁建設工事とは現場条件が大きく異なり、より以上の安全対策と環境保全が重要であった。

標準横断面図 (図一2) に示すように、既に完成している側道に沿って高架橋を建設するために、クレーンの転倒、支保工の崩壊、桁の落下などによる重大事故が発生する可能性が高い。したがって、より以上の安



図一2 高架橋の標準横断面図

全と事故防止への配慮が必要となる工事であった。

上部工は、近年、ベトナムで中規模の橋梁に一般的に適用されているプレテンション方式のプレストレスコンクリートU桁 (通称スーパーT桁) が採用された。この形式の場合、床版の施工に型枠および支保工が不要であり、床版の施工の安全性に優れている。また、スーパーT桁は安定性にも優れ、桁の転倒の可能性が非常に低い。このため、桁仮設を含む上部工工事における事故は発生しなかった。

4. 工期短縮への取り組み

工事は3つのパッケージに分けられて実施されたが、パッケージ3から、順次、工事に着手した。各パッケージの延長と施工業者は表一に示されているとおりである。

表一 各工区の延長と施工者

工区	延長 (m)	施工業者
パッケージ1	3,574	韓国とベトナムの共同企業体
パッケージ2	2,065	三井住友建設株式会社
パッケージ3	3,273	ベトナムの共同企業体

着工に際し、顧客である交通運輸省の大臣より施工業者に対し工期短縮の要請があった。これを受けて、請負業者が2012年10月末 (パッケージ1とパッケージ2) および2012年6月末 (パッケージ3) の完成を約束した。

用地引き渡しの問題がなかったこともあり、請負者の努力と顧客の協力により請負業者の約束通りに2012年6月および2012年10月にそれぞれの工区が開通した。工事の早期完成の目標を設定した際、早期完了に伴うボーナスの支給を顧客に提案し、これが承認された。現在、ボーナスの支払いが確定し、支払い手続き中である (表二)。

パッケージ1とパッケージ3のベトナム企業を中心とした共同企業体は単にパーティー数を増やすことにより工期の短縮を図った。これに対し、パッケージ2

表一 2 各工区の工期短縮期間

工 区	着工日	竣工予定	竣工日	短縮期間
パッケージ 1	2011/02	2013/08	2012/10	10 ヶ月
パッケージ 2	2011/07	2014/01	2012/10	15 ヶ月
パッケージ 3	2010/06	2012/11	2012/06	5 ヶ月

の日本企業は大型の資機材の投入および工事の標準化とプレパブ化により作業の効率化を図ることによって工事進捗の促進を図った。

工事規模が大きく、高架橋が単純桁で基本的に単一構造であったことにより大型化および標準化とプレハブ化を図ることができた。



写真一 1 工事中の写真 (パッケージ 1 とパッケージ 2)



写真一 2 工事中の写真 (パッケージ 2)



写真一 3 工事中の写真 (パッケージ 2)

5. 施工管理の基本姿勢

都市内の工事であり、両側の側道が交通解放されている中での工事のため、安全を本事業の最優先課題とし、安全管理を通常以上に重要視した。毎週、パトロールを実施し、安全対策の改善と安全意識の向上を図った。

また、環境保全にも十分な配慮をし、側道を良好な状態に保つことと周辺住民へ影響を最小限にする努力を行った。

また、単なる施工管理ではなくプロジェクトマネジメントを実施し、事前に変更手続き等の必要な対応



写真一 4 完成後の写真 (パッケージ 1)



写真一 5 完成後の写真 (パッケージ 1)



写真一 6 完成後の写真 (パッケージ 1)

を取り、円滑に工事が進捗するように努めた。

日本のODAによる事業であり、日本の施工業者が関与していたこともありベトナムの施工業者を含む工事関係への技術移転も実施した。

6. おわりに

本事業はベトナムで初めて工期を大幅に短縮して工事が完成したプロジェクトとなった。本プロジェクトの完成により隣接する紅河橋建設プロジェクトと合わせてハノイ市環状3号線の南部区間の27 kmが完成

したが、ハノイ市環状3号線はハノイ市内の渋滞解消に寄与しているだけでなく、ベトナム北部地域の経済にも大きく貢献している（写真—1～6）。

JICA

【筆者紹介】

向市 博昭（むかいち ひろあき）
㈱オリエンタルコンサルタンツグローバル
道路交通事業部 道路技術部
プロジェクト部長



鉄筋付鋼製型枠工法による作業の軽減化

キリバス ベシオ港拡張工事

阿 南 正 典・木之下 一 也

赤道近くの南太平洋に浮かぶ島々からなるキリバス共和国の首都タラワ（図—1）にあるベシオ港は水深が-6 mしか無く大型の定期コンテナ船を係留することができなかった。そこで同国の要請により日本国の無償資金協力事業（ODA）として大型コンテナ船が係留可能な水深-9 mの係留棧橋及び連絡橋を整備する工事を実施した。

現場は沖合防波堤のような遮蔽構造物が全く無く、海象による影響が予想されたため、可能な限り海上作業を減らす必要があった。また建設市場が小さい同国において熟練した現地労働者を確保することは非常に困難であったため、作業をできるだけ単純化し、工程へのリスクを低減させる必要があった。これらの問題を解決すべく係留棧橋の上部工は、従来の支保工を使用しない鉄筋付鋼製型枠工法を採用した。本稿はこの工法の施工について紹介するものである。

キーワード：ODA、港湾工事、棧橋上部工、鉄筋付鋼製型枠工法、鋼製型枠

1. はじめに

係留棧橋の構造は図—2、図—3に示すように一般的な杭式の棧橋である。日本ではH型钢等の鋼材を使用し支保工を設置することが多いが、海上作業とな

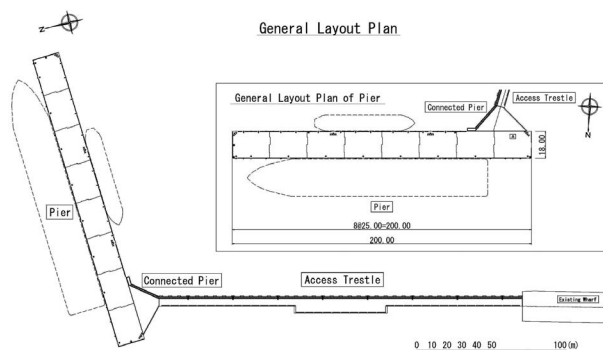
るため、潮位や波浪等の海象条件により施工時間に制限を受けることがある。また、熟練した労働者の確保が困難なキリバスにおいて、鋼材を使用した支保工の設置、撤去作業には時間を要することが容易に想定された。そこでスラブ下及び梁下に支保工材を設置しない工法を検討した結果、鉄筋付鋼製型枠工法を採用することとなった。

2. 鉄筋付鋼製型枠工法

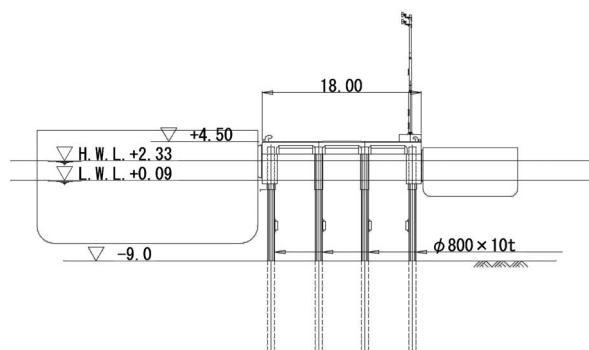
今回採用した鉄筋付鋼製型枠工法とは、床版部の鋼製型枠と鉄筋を工場にて加工及び一部組立を行い、現場搬入後に大組み・設置する工法である。日本では従来から橋梁工事において桁上の床版を施工する際に使



図—1 キリバス共和国タラワ位置



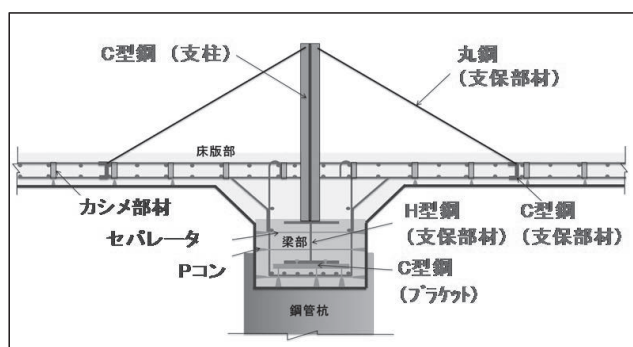
図—2 係留棧橋平面図



図—3 係留棧橋標準断面図

用されている工法であり、今回は梁部も含めてこの工法を採用した。なお型枠は存置させず、脱型して転用しない使い捨て方式を取った。

図—4 の概念図に示すように、本工法では大組みした鋼製型枠、鉄筋及びコンクリート打設時の荷重を梁部に埋め込まれる H 型鋼で受ける。この H 型鋼の両端部は鋼管杭に溶接された添接板に溶接し固定する。また、梁部の底型枠はセパレータにて H 型鋼を連結する。梁部打設後、H 型鋼上に直立させた C 型鋼から丸鋼を用い大組みされたスラブの鉄筋・型枠を吊り、スラブコンクリートを打設する。これにより海上施工を要する支保工の設置・撤去作業が大幅に減り、かつ鉄筋及び型枠の加工・組立といった技能が必要となる作業の多くを日本で完了させることができた。



図—4 本工事に適用した鉄筋付鋼製型枠工法概念図

3. 上部工施工手順

上部工施工手順は図—5 に示す施工フローに従って進めた。

(1) 梁部・スラブ鉄筋型枠大組み

日本国内の工場加工及び一部組み立てた後、輸送した鉄筋及び型枠を大組みする。細かい加工組立はリベットを留める穴開け作業も含め、輸送前に日本で完了している。よって現地における大組みは切断、穴あ

け等の作業は基本的には必要なく、組立図に基づき組み立てるのみであったため、日本人指導員の下ではあるが、現地作業員でも大組みが可能であった（写真—1～5）。

なお、鉄筋は日本から輸送する際に防湿梱包を施した。錆の発生を抑えるために大組み直前に鉄筋を開梱することで、発錆の無い加工直後の状態を保つことができた。

(2) 添接板溶接

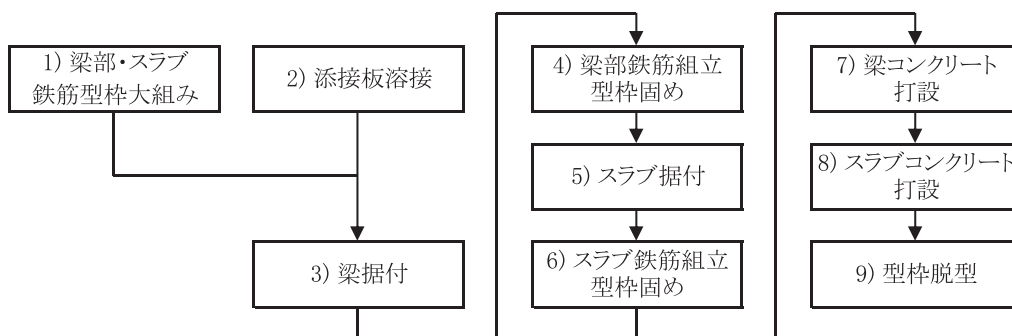
鋼管杭に梁を受けるための添接板を溶接する。作業足場は鋼管杭に架設する形式の足場を使用した。



写真—1 加工済型枠



写真—2 加工済鉄筋



図—5 上部工施工フロー



写真一三 梁大組み状況



写真一六 梁据付状況



写真一四 梁大組み完了



写真一七 梁鉄筋組立状況



写真一五 スラブ大組み完了



写真一八 梁部固め完了

(3) 梁据付

大組みした梁を運搬し、クレーンで据え付ける。1個当りの重量は約2t程度であるため、クレーン付トラック(4t積)で運搬しラフタークレーン(25t吊)で据え付けることができる。据付は梁に組み込んでいるH型鋼を鋼管杭に溶接した添接板上に載せる形となる。梁の通りを確認、調整した後H型鋼と添接板を溶接し固定する。

(4) 梁部鉄筋組立、型枠固め

梁を据え付けた後、梁部鉄筋組立及び杭周りの型枠

組立を行う。今回の工事では鋼管杭位置を ± 2 cm 以内の精度で打設した。型枠加工時に ± 5 cm 以内の精度に対応できるようにしておいたため、型枠を大きく加工修正することなく設置できた(写真一6～8)。

(5) スラブ据付

大組みしたスラブをトレーラーで運搬しクレーンで据え付ける。大組みしたスラブの重量は最大3t程度であったので、梁同様ラフタークレーンで据え付けることができた(写真一9)。



写真—9 スラブ据付状況

(6) スラブ鉄筋組立、型枠固め

スラブ据付後、先に固定している梁部とリベットで接続、固定する。その後、スラブ鉄筋の組立作業と並行しC型鋼の設置を行う。C型鋼は梁に組み込まれているH型鋼上に溶接にて固定する。C型鋼の溶接固定が完了した後丸鋼をC型鋼及びスラブ鉄筋のカシメ部材に溶接することで、スラブを懸架した（写真—10～11）。



写真—10 スラブ鉄筋組立状況



写真—11 C型鋼及び丸鋼設置完了

(7) 梁コンクリート打設（写真—12）

梁、スラブ型枠及び懸架部の確認を行った後、梁コンクリートの打設を行った。梁にはH型鋼が組み込まれているため、そのH型鋼周辺にコンクリートが十分に充填されるよう留意しながら打設、締固めを行った。



写真—12 コンクリート打設状況

(8) スラブコンクリート打設（写真—13）

スラブ側枠の組立を行った後、懸架している丸鋼の緩みを確認及び高さ調整のため、ターンバックルの締込みを行った。懸架状況の確認及び高さ調整完了後、スラブコンクリートの打設を行った。



写真—13 コンクリート完了

(9) 型枠脱型

養生期間完了後、懸架していたC型鋼及び丸鋼を切断撤去した。また梁及びスラブ底枠については吊り足場を設置し、人力にて脱型を行った。

4. 島嶼国における本工法の特徴

島嶼国における本工法の特徴を表—1に示す。

表－1 島嶼国における本工法の特徴

長 所	短 所
1. 海上作業の削減により、海象に影響されにくい安全かつ安定した工法である。 2. 梁、スラブの大組が杭打設作業と並行してでき、支保工の設置を待つ必要も無いため、施工が速い。 3. 型枠、鉄筋加工が事前に準備できるため、熟練した技能工が少ない地域において現場作業が大幅に削減できる 4. 型枠脱型時に構造物下において支保工を撤去する必要が無い。 5. 工期短縮、省力化を図れるため、輸送コストを含めた施工費の比較において有利となる。	1. 鋼材、型枠材を安価で入手及びリースできる地域においては、従来の工法と比較して高価になることがある。 2. 型枠を転用しないため、廃材が発生する。 3. 型枠の転用も可能ではあるが、補強が必要となり、型枠自体が重くなるため、取扱いがしにくくなる。 4. 作業自体は簡略化されているが、現地作業員を指揮する型枠指導員が必要。

5. おわりに

従来の支保工を使用した工法では、加工、組立作業をほぼ現場で行う必要があるが、本工法では輸送前に8割、現地陸上ヤードで1割そして海上作業1割にすることができた。鋼管杭の打設精度にも追従できる工法であり、海象の影響も受けにくいため熟練した作業員が確保できない島嶼国のような地域においても、大幅に工期を短縮することも可能となる。当然コストとの比較になってくるが、このような地域で現地作業を

削減し、工期短縮を考慮しての比較が可能であれば、非常に有用な工法であると考えられる。

なお、今回使用した鉄筋付鋼製型枠工法は『鉄筋付き鋼製型枠アイ・テック床版』（株）アイ・テックストラクチャー製、NETIS登録済）を今回の現場用に改良したものである。

謝 辞

最後に、本工事の施工にあたり、ご指導、ご協力をいただいた関係者各位に深く御礼申し上げます。

J C M A



写真－14 供用開始したベシオ港



【筆者紹介】
阿南 正典（あなん まさのり）
大日本土木（株）
海外支店



木之下 一也（きのした かずや）
東亜建設工業（株）
国際事業部

ベトナムハノイ市都市鉄道整備事業支援

長谷川 収 良

現在、新興国を中心に都市鉄道（地下鉄）の建設需要が高まっている。その中でもベトナムは、日本が官民一体となって高速鉄道や都市鉄道の整備をはじめとするインフラ整備に対する各種技術協力を実施している国である。本報においては、これまで東京メトログループから社員を直接現地に派遣した案件の紹介を中心に、東京メトロのハノイ市都市鉄道整備事業支援の取り組みをご紹介します。

キーワード：ベトナム、ハノイ、都市鉄道、JICA 技術支援プロジェクト

1. はじめに

東京メトロでは、これまでも JICA を通じて、ベトナムの鉄道関係者の視察・研修等を受け入れており、最近では、2011 年 8 月にハノイ市人民委員会のソン鉄道局長（当時）を迎え、4 日間にわたって東京メトロの各種施設を視察していただいたほか、2012 年 3 月にハノイ市人民委員会タオ委員長が来日された際も、南北線試乗と総合指令所の視察をしていただいた。また、ハノイで開催される各種交通セミナーにおいてプレゼンテーションする等、日本の優れた都市鉄道への理解を促進するよう活動してきている。

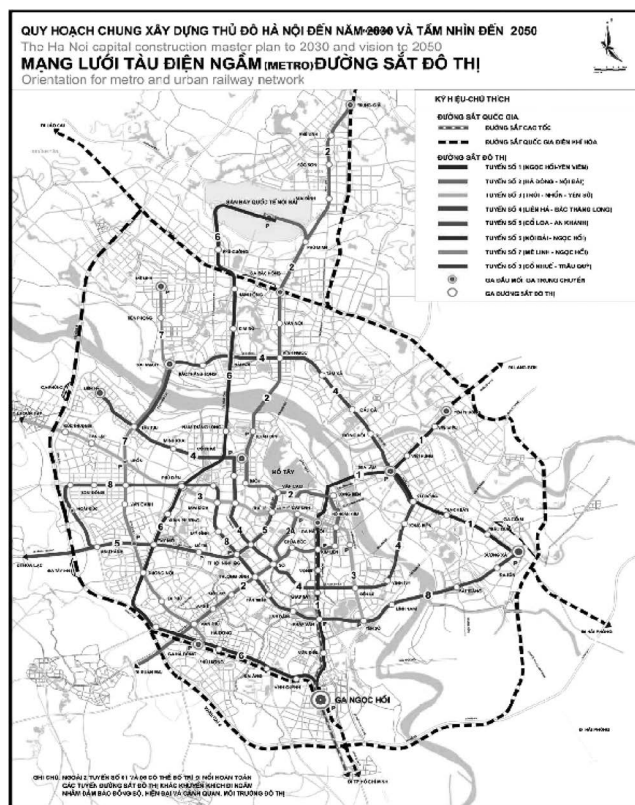
2. ハノイ 2 号線 GC 業務

(1) 都市鉄道整備計画（図—1）

ハノイ市では、渋滞の発生、交通安全性の低下、深刻な大気汚染等の問題が顕在化し、既存公共交通（主にバス）の輸送能力や道路網では急増する交通量に対応しきれない状況であり、さらなる地域経済の発展及び投資環境改善のため、2030 年頃までを目途に、9 路線の都市鉄道（高架鉄道・地下鉄道）の建設を計画している。このうち、日本が支援しているのは主に 1 号線・2 号線・5 号線の 3 路線となっている。

(2) GC 業務（図—2）

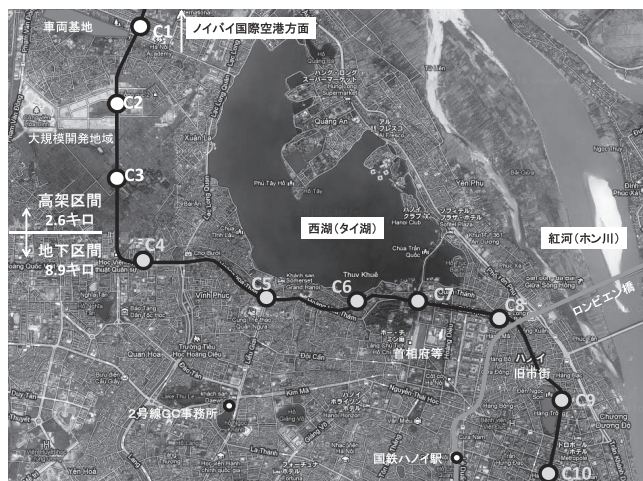
2 号線は、ノイバイ国際空港から紅河（ホン川）を渡って市内中心部へ至る 35.2 キロの路線として計画されている。この GC 業務の対象となっているのは、このうちの第 1 期工事部分で、紅河南岸から市内中心



図—1 ハノイ市都市鉄道計画路線概要

部までの 11.5 km の区間である。GC 業務は、土木工事、鉄道システム及び車両調達のための基本設計図書作成並びに入札補助、施工監理、運営・維持管理要員の訓練及び技術移転、環境管理、用地収用補助などであり、日本の高い鉄道技術やノウハウを活用するとともに現地への技術協力・供与が期待されている。

東京メトロからは、上記の基本設計図書作成業務のうち、運転・設備保守計画、地下構造物設計及び鉄道



図一 2 号線計画路線図（第 1 期工事部分）

システム部門間調整を担当する 3 名を派遣した。3 名は建設工事や関連システムの発注を行うための検討や、具体的な鉄道の運営計画の検討を行い、報告書や工事発注図書にまとめるという要となる業務を担い、成果を挙げてきた。

3. ハノイ SAPI 業務

(1) 現状

現在ハノイ市では、都市鉄道整備計画に示された路線のうち、1 号線・2 号線・2A 号線・3 号線の建設事業を進めており、鉄道施設の建設や車両調達を行って鉄道が運行できるよう整備を進めている。このうち、2 号線・2A 号線・3 号線の運営をハノイ市が担うこととなっているが、ハノイ市には都市鉄道の運営に関する知識や経験が不足しており、適切な運営管理組織の本社機能や現場事務所をどのように設置すべきかを示す必要があった。

(2) SAPI 業務

このような状況に鑑み、効率的な運営、鉄道利用者への利便性を踏まえ、日本はベトナム交通運輸省・ハノイ市に対し、各路線を一元的に管理する運営管理組織の設置が望ましいことを提案し、東京メトロからも 2010 年 4 月と 11 月に東濱忠良常務取締役（当時）が、2011 年 2 月に山村明義鉄道統括部長（当時）がハノイ市に渡航し、9 路線を一元的に管理している東京メトロの状況を説明するとともに、運営管理組織設立に対する技術協力を表明してきた。

このような流れの中で、ハノイ市における都市鉄道運営管理組織の設立に向けた計画づくりを目的として、2011 年 8 月から SAPI 業務が開始された。本業

務は、運営管理組織設立に必要な情報の整理・分析、関係法規・手続の確認、運営組織の枠組の策定並びに運営組織設立までのスケジュール及び詳細業務内容作成を行うもので、東京メトログループから 2 名を派遣した。この 2 名は、実際に複数路線の運営・管理を行っている東京メトロのノウハウをベースに都市鉄道の運営・管理を所轄するハノイ市都市鉄道管理委員会やその他の関係機関との運営管理組織設立準備に向けた調整、各路線建設事業での要員計画や教育訓練計画等の照査・評価を行い、成果を挙げた。

4. ハノイ TA 業務

(1) TA 業務

TA 業務は、ハノイ市において各路線の運営管理組織の設立と監督機関の機能強化を目指す 2 年間の業務であり、ハノイ市民に喜ばれる便利な都市鉄道システムの構築に資するため、80 年以上培った豊富な都市鉄道運営ノウハウを持つ東京メトロと、海外鉄道事業コンサルタントの経験が豊富な JIC が共同で、ハノイ市都市鉄道 2 号線、2A 号線及び 3 号線の運営管理組織の設立などの支援を行うものである。

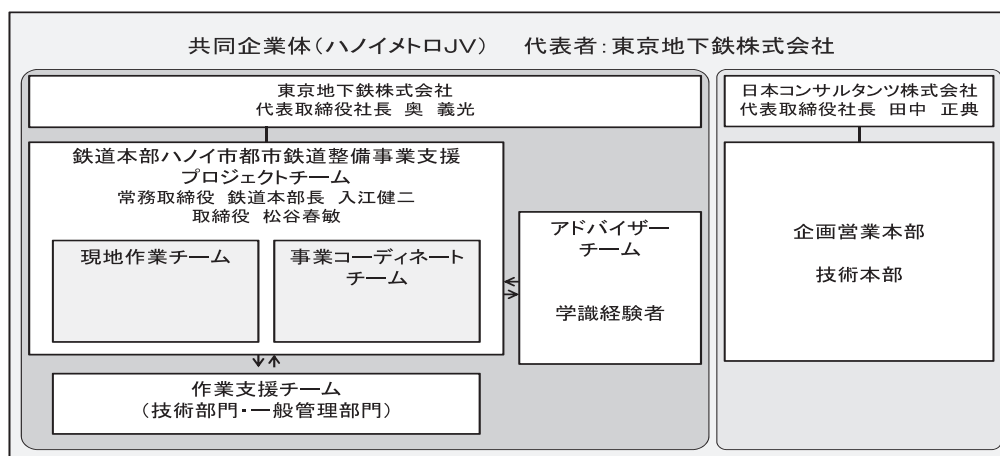
(2) 方向性

今回の TA 業務受注にあたっては、以下の 4 点を目指してきた。

- ①東京メトロの永年の都市鉄道運営ノウハウと、JIC 等の海外コンサルタントのそれぞれの得意分野（ハノイ SAPI 業務、ホーチミン TC 業務、ハノイ 2 号線 GC 業務他の経験）をいかした業務執行
- ②東京メトロの全社的なプロジェクトチームによる、「現地作業チーム」と「作業支援チーム」による一体的な業務執行システムの構築
- ③学識経験者による「アドバイザーチーム」の協力と指導による高品質の業務執行
- ④ JICA、国土交通省（現地大使館を含む）、関係鉄道事業者、その他日系コンサルタントを含む関係機関との情報共有等による、オールジャパン体制による事業目的の達成

(3) 推進体制（図一 3）

本業務は、複数部門に関係する部門横断的な業務であり、現地及び日本での業務とも相当の業務量が見込まれることから、TA 業務の受注に合わせ、2013 年 2 月 25 日、鉄道本部内に専門組織として「ハノイ市都市鉄道整備事業支援プロジェクトチーム」（ハノイ



図—3 体制図

PT)を設置した。

ハノイ PT は、現在、入江常務取締役鉄道本部長を担当役員として、16名のメンバーで構成されている。

通常、コンサルタントを行う場合、「現地作業チーム」だけで構成されるが、海外鉄道事業コンサルタントの経験のない鉄道事業者としては、東京メトログループ全体の組織力を活用するため、各部管理担当課長を中心とした「作業支援チーム」を設置した。

また、森地茂政策研究大学院大学特別教授を中心とした学識経験者の方々のご協力をいただき、TA業務推進にあたっての様々なアドバイスを頂く「アドバイザーチーム」を設置することができた。

(4) 現地事務所の設置 (写真—1)

TA業務の推進のため、ハノイ市内に現地事務所を置くこととなり、2013年3月1日、奥義光代表取締役社長がハノイで行われた現地事務所開所式に出席し、「私たちの経験を生かしてハノイ市に適した運営会社を設立するとともに、ハノイ市の方々が自らオペレーションとメンテナンスを継続していけるよう、幹部の方々の養成も一緒に行い、ハノイ市都市鉄道管理委員会の良きパートナーとして努力していきたい。



写真—1 左：マイン局長，右：奥社長

JICA 及び国土交通省のご指導を賜りながらこのプロジェクトを成功させたいと思う。今年の日越友好40周年の年である。このプロジェクトがベトナムと日本の友好につながれば」と決意を述べた。

また、来賓のハノイ市都市鉄道管理委員会グエン・クアン・マイン局長からは、プロジェクトの成功がハノイ市の交通事情の改善につながることへの期待の言葉が寄せられた。

(5) 具体的業務

TA業務の具体的内容は次のとおりである。

ハノイ市都市鉄道の規制機関とハノイ市都市鉄道2号線、2A号線及び3号線の運営・維持管理会社が組織規程に定められた実務を開始できるよう、次の活動を行うハノイ市都市鉄道管理委員会（本件カウンターパート機関）の支援を行う。

- ア 運賃・補助金決定システムの構築
- イ 運行計画・安全管理システムの構築
- ウ 運営・維持管理会社の設立
- エ 鉄道運営に関わる部門の設立（営業部門、列車運行部門、車両保守部門など）

(6) 進捗状況

現在までのプロジェクトの業務は、まず、運営・維持管理会社の基礎固めとして、東京メトロの組織や、ベトナムの法令等を基に、会社を設置する各部門の業務分掌や規程類の整備、具体的な業務内容の紹介をカウンターパートであるハノイ市都市鉄道管理委員会のメンバーと行った。加えて、「都市鉄道」や「企業運営」というものをまだ知らないカウンターパートのメンバーに対し、東京メトロの施設見学・業務従事体験を柱とする東京における研修を2013年8月に、VJCC（ベトナム日本人材協力センター）による企業運営に関す

る研修をハノイにおいて2013年12月に、それぞれ実施し、会社設立後の業務運営が速やかに実施できるように配慮した。また、2013年8月及び12月並びに2014年6月に都市鉄道に関するセミナーをハノイ市で開催し、ベトナム国政府・ハノイ市政府の鉄道関係職員に対し、「都市鉄道」についての理解の促進を図るとともに、これらの知識を基に、ハノイ市における都市鉄道の規制機関、運賃政策、列車運行計画等の検討を進めた。

こうした中で、2014年11月にベトナム国政府及びハノイ市政府において運営・維持管理会社の設立が承認され、現在、社員総会、登記等の設立準備中である。また、会社が設立され、業務運営が開始された後は、作成した規程類、制度等が実際に稼働しているかどうかの検証及び他プロジェクトで建設している2A号線諸施設の引き受け支援の準備を実施予定である。

(7) ベトナム国ハノイ市都市鉄道管理委員会と友好・協力に関する覚書の締結 (写真—2)

2014年2月18日、ハノイにおいて、ハノイ市都市鉄道管理委員会と東京メトロは、相互の理解と友好の絆を強め、ハノイ市都市鉄道事業の発展に寄与するために、署名式を開催し相互の友好・協力に関する覚書を締結した。

これにより、今後設立が予定されているハノイ市の都市鉄道運営会社とも相互の友好協力関係を継続するとともに、このことが、ハノイ市及びベトナムの発展への貢献並びにベトナムと日本の友好関係の強化につながるよう努めていきたいと考えている。

5. 契約の延長

ハノイTA業務は、当初契約では、2013年2月25



写真—2 署名ののち握手するグエン・クアン・マイン氏（ハノイ市都市鉄道管理委員会局長）と奥 義光（東京地下鉄㈱代表取締役社長）

日から2015年2月24日までの2年間であったが、2016年2月24日までの3年間に1年延長することとなった。これは、ハノイで最初に開業する2A号線（中国支援）の開業予定時期が2015年12月に延期されたこと、及び会社設立が2015年4月以降となったことに伴うものである。

6. おわりに（写真—3）

現在、東南アジア新興国の中でも特に経済成長が著しく、都市の急激な人口増加とエリア拡大が進むベトナムの首都ハノイ市は、2009年の人口が644万人に達し、都市部を中心に道路交通量が急増し、慢性的な渋滞の発生等の問題が生じている。同市の人口は、2020年には800万人規模になると予想されており、今後、これら都市交通問題は一層深刻になることが見込まれ、都市の持続的な発展のために骨格となる都市鉄道の整備が喫緊の課題となっている。

東京メトロは、今までのハノイ市との友好関係を維持・発展させ、今後もハノイ市民に喜ばれる便利な都市鉄道システムの構築に資するよう、協力していく所存である。この支援を通じて、東京メトロの企業価値の更なる向上や人材の育成にも生かしていきたいと考えている。



写真—3 バイクの群衆

JCMA

〔筆者紹介〕

長谷川 収良（はせがわ みちよし）

東京地下鉄㈱

鉄道本部

ハノイ市都市鉄道整備事業支援プロジェクトチーム



外地の機械化施工

岡 本 直 樹

戦前・戦中の外地における機械化施工の資料を収集して工法別に整理してまとめた。ショベル&機関車トロ工法として嘉南大圳・撫順炭鉱、巨大ダムコンクリート打設（水豊・豊満ダム）、ショベル&ダンブトラック工法としては茂山と石碓鉱山、トラクタ式機械化施工では新京-吉林国道、最後に南方航空基地建設競争の経緯を取上げた。そして、これらの工事に関連した建設機械国産化の開発過程も挿入した。

キーワード：外地、建設機械史、土木史、嘉南大圳、撫順炭鉱、水豊ダム、豊満ダム、茂山鉱山、石碓鉱山、新京吉林国道、海軍設営隊、陸軍設定隊

1. はじめに

戦前・戦中の満州・朝鮮等の外地の機械化施工の状況をまとめた資料はあまりない。土木学会編纂「日本土木史」には外地の工事自体の記録も少ない。まとめたものは「日本土木建設業史」¹⁾に覧ることができるが、建設機械に関する記述は少ない。

そこで、手元にある資料を中心に整理して簡単にまとめてみることにした。それでは、当時の国内の機械化の状況を概観してから紹介する。

日本の本格的な機械化施工は、明治32年の淀川改修工事より始まり、それ以降、ラダーエキスカベータと土工機関車が全国の主要河川改修工事に展開した。大正10年頃から昭和初期にかけては、好景気による労働力不足から各地で機械化が進展し、蒸気ショベル等の導入が進んだ。また、昭和に入ると建設機械の内燃機関化も始まった。

ところが、昭和4年の大恐慌による失業匡救事業では、雇用対策により機械使用を禁止したので、機械化は中断というより後退してしまう。しかし、満州・朝鮮の一部では機械化が続行されていた。

この時期米国では日本と逆に、ニューデール政策等の不況対策事業に伴って機械化施工が大いに進展し、誕生間もないブルドーザやスクレーパ、モータグレーダ等の改良が進む。しかし、これらの機械は国内では知られず、彼我の差は20～30年位になってしまった。

太平洋戦争が始まり昭和17年に初めて、南太平洋の航空基地建設競争でこの革新的土工機械に遭遇することになる。急遽、研究を始め、模倣機械を製作する

が、実用的なものは戦後に再挑戦することになる^{2)～4)}。

2. ショベル&機関車トロ工法

(1) 嘉南大圳（台湾）

嘉南大圳は、東洋一のアースダム烏山頭ダム（堤長1,273 m、堤高56 m、堤体積297万 m^3 ）と灌漑用水路網の建設工事で、八田與一が指揮した。ダム盛立にはセミハイドロリックフィル（半水成式）工法を採用し、大正9年から着工していた本工事に、本格的機械化土工を大正13年から導入する。ショベル&機関車トロ工法である。投入機械は、クローラ式スチームショベル（ビサイラス大型ショベル5台、マリオン小型2台、ドラグライン2台）にスプレッド1台、56 t 機関車12台、14 t・10 t 機関車、16 yd³ エアードンプカー（トロ）100台、60 ポンド軌条21 マイル、ゲージ幅1,080 mm、762 mm 等である。

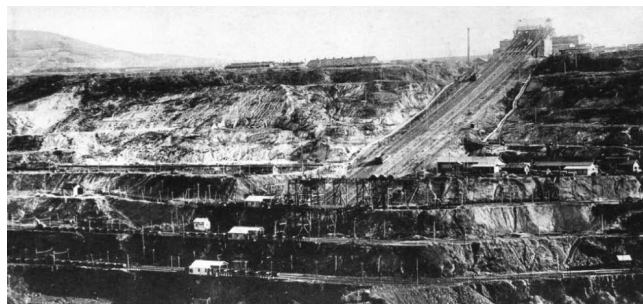


写真—1 嘉南大圳の灌漑用水路掘削

(2) 撫順炭鉱の大規模近代設備

有名な満鉄の撫順炭鉱は、世界屈指の規模と設備を誇る。炭層は東西 17.4 km、南北 1.2 ～ 2.5 km の狭長な面積に分布し、炭層厚は平均で 40m もあり、埋蔵量は石炭 10 億 t、油母頁岩 54 億 t で、西露天掘と東露天掘に別れ、坑内掘も 7 箇所あった。そして、出炭量は昭和 13 年に 900 万 t/ 年に達していた。また、油母頁岩からオイルシェルを採油し、昭和 18 年に油母頁岩 900 万 t/ 年、粗油生産 36 万 t/ 年となっていた。採掘法は、ショベル&機関車トロ工法である。当初は蒸気ショベル積込みであったが、電気ショベルに切替わった。終戦時の西露天掘りの主要設備を表—1 に掲げる。

遼寧省の阜新炭鉱にも大型電気ショベルやラダーエキスカベータが導入されているが詳細は不明である。



写真—2 撫順炭鉱のスキップ巻揚場

表—1 西露天掘の主要設備⁵⁾

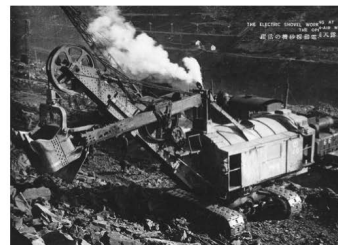
機 械 名	製造会社	仕 様	台数	備 考
西スキップ主捲	リンケホフマン	28 t 積, 3,000HP	2	
東スキップ主捲	シーメンス	25 t 積, 1,500HP	2	
部分捲		300HP	3	
〃		200HP	1	
〃		100HP	1	
発破穿孔機		撫順式	6	
〃		サイクロン、キーストン式	18	
ラダーエキスカベータ	LMG	3,500 m ³ / 日	2	剥土用
電気ショベル 200B	ビスイラス	3.8 m ³	2	剥土(頁岩)用
〃 200K	神戸製鋼	〃	2	〃
〃 120B	ビスイラス	3 m ³	6	〃
〃 120K	神戸製鋼	〃	8	〃
蒸気ショベル 103C	ビスイラス	〃	1	〃
電気ショベル 50B	〃	1.5 m ³	13	採炭用
蒸気ショベル 30B	〃	〃	〃	〃
85 t 電気機関車			50	
50 t 電気機関車			7	
25 t 電気機関車			5	
ダンプカー(トロ)		27 m ³ 積	450	
〃		23 m ³ 積	20	
〃		15 m ³ 積	15	

(3) 電気ショベルの国産化

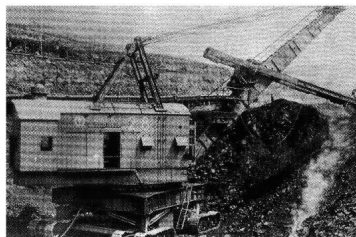
神戸製鋼所は、撫順への多数の電気ショベルを輸入する計画を聞きつけ、その国産化を図るため昭和 3 年に調査のため技師を派遣した。Bucyrus 50B (1.5 m³) をスケッチして、パテント部分を改めて 5 年に 50K(写真—3) を試作し、採用を満鉄に依頼した。国産品を信用せず渋る相手を説得し、漸く試験採用に漕ぎ着



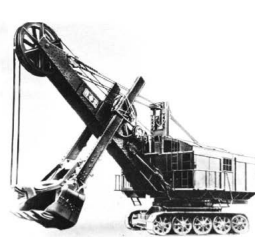
写真—3 神鋼 50K



写真—4 神鋼 120K



写真—5 神鋼 200K



写真—6 日立 120H

け、性能試験と検査の結果は意外に好成績で正式採用となった。

昭和 7 年には、3 m³ (175 t) 電気ショベル 120K (写真—4) を開発して納入し、18 年までに満州向け 31 台を出荷した。そして、昭和 9 年に 4 m³ (300 t) 電気ショベル 200K (写真—5) を開発して納入、18 年までに満州向け 7 台を出荷した。結局、撫順炭鉱に 50K、120K、200K 型合わせて 16 台を 18 年までに納入し、満州炭鉱や昭和製鋼所等の満州各地に合計 46 台を出荷している。また、国内では海軍建築部、内務省、各鉱山、セメント会社等へ終戦までにこれらを 80 数台納入している。

そして、日立製作所も昭和 17 年 12 月に 3 m³ 電気ショベル 120H (写真—6) を開発して撫順炭鉱に納入している。その他には、満州住友金属でも 50B 級を製作しているようだ。

(4) 巨大ダムของコンクリート打設

朝鮮半島では水力発電開発として、赴戦江水系 (20.1 万 kW、発電所 4、ダム 3、合計貯水量 5 億 m³)、長津江水系 (33.4 万 kW、発電所 4、ダム 3、合計貯水量 9.5 億 m³) 虚戦江水系 (33.8 万 kW、発電所 4、ダム 4、合計貯水量 9 億 m³) を施工していた。そして昭和 12 年、世界第 2 位と 3 位となる巨大ダム鴨緑江の水豊ダムと満州の松花江の豊満ダム建設に着工した。巨大なプラント設備を備え、堤体のコンクリート打設にジブクレーンを初採用し、掘削と骨材採取に電気ショベルやバケットドレジャを使い、運搬に大型機関車トロを投入している。特に豊満ダムではブルドーザ 7 台を投入した。

(a) 水豊ダム

昭和12年9月～18年 水豊ダム工事（鴨緑江）70万kW，堤高106m，堤長900m，堤体積327万 m^3 ，有効貯水量76億 m^3 ，ジブクレーン打設，3 m^3 バケットにより，2,700 m^3 /日，100万 m^3 /年を打設。その他の使用機械は，1.5 m^3 電気ショベル3台，広軌の150t機関車10台，5t機関車22台，1.5 m^3 トロ106台等を投入。



写真-7 水豊ダム

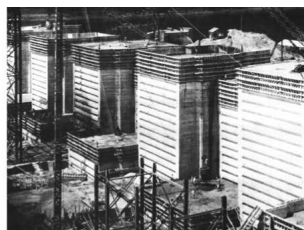


写真-8 コンクリート打設中

(b) 豊満ダム

昭和12年～ 豊満ダム工事（満州 松花江）70万kW，堤高91m，堤長1,100m，堤体積210万 m^3 ，有効貯水量74億 m^3 ，プラント設備類に各種の機械化を進めているが，ブルドーザの採用も注目される。CAT製5台と独ハノマース製5tブルドーザ2台である。CAT製はD5とかD4との証言もあるが，記録写真-10を見るとRD4である。

余談であるが著者は若い頃に，このダム工事に携わった山本将男氏^{14), 17)}から体験談や工事途中での海軍設営隊への移動の経緯を伺ったことがある。



写真-9 豊満ダム



写真-10 CAT RD4

3. ショベル&ダンプトラック工法

(1) 茂山鉄鉱山で初採用

茂山鉄鉱山（北朝鮮）は鉄品位が40%弱の貧鉄であるが埋蔵量が15億tと云われていた。三菱鉄業が昭和13年に着工し，茂山鉄鉱開発(株)が設けられて昭和15年から操業に入った。採掘法はベンチカットで，米国の貧鉄処理の大鉄山を範として，ショベル&ダンプトラック工法を採用し，米国から最新機械を多数輸入した。発破はφ9インチのチャンドリルで垂直に深さ13～16mを穿孔し，水平装薬坑道と併せて数



写真-11 茂山鉄鉱山全景

10tの大発破を掛け，一度に数万tから最大30万tの鉄石を爆砕した。火薬は液体酸素爆薬とカーリット・ダイナマイトである。破碎した鉄石は，ブルドーザで集土し，パワーショベルで積み込み，35積ダンプトラックで選鉄破碎工場に運搬した。

昭和17年には200万t/年の採掘能力があり，精鉄100万tに達し，東洋一のスケールの露天掘鉄鉱山となった。精鉄設備能力も200万t/年が17年に完成するが，既に太平洋戦争に突入していて，主要機械と部品が入荷せず，国産品の間に合わせでは故障が続出し，補助材料・燃料不足等もあって前記の生産量に留まった。さて，我が国初の重ダンプ採用であるが，この時代に35t積ダンプトラックとは驚きである。総重量の間違いではと疑ったが，どの資料^{8), 12)}も35t積となっている。機種が不明なので，Euclidや新興のDartに当たりを付け調べたが該当車が見つからない。しかし，後述のいすゞ社史でWhite製と判明，そして1938年（昭和13年）に三菱に出荷したとあるWhite 991の写真-12⁹⁾が見つかった。

写真-13は15t積み横転式クローラダンプ¹⁰⁾で，矢野特殊自動車が満州の昭和製鋼所に納めたものである。Euclid 31Wをモデルとしているようだ。この牽引トラクタはLanz Raupenbulldogである。場所は鞍山周辺の鉄山と思われる。背後に電気ショベルが写っている。



写真-12 White 991



写真-13 15t横転式ダンプ

(2) 石碌鉄山の国産重ダンプ

海南島で高品位の石碌鉄山が発見され，日本窒素肥料(株)が昭和15年4月から開発に着手した。採掘は電気ショベルで積み込み，運搬は20t積ダンプトラック

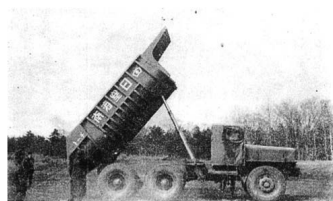
の国産化を図り、20台の投入を予定した。

これらと最新鋭のプラント設備により300万t/年の出鉱を図ったが、港湾施設が遅れ、漸く日本最新鋭・最大の船積みロードが聳えた18年4月には戦局悪化のため海上出鉱が困難となっていた¹¹⁾。

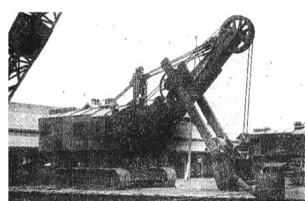
我が国初の重ダンプトラックの開発は、ゼーゼル自動車工業（いすゞの前身）が行い、昭和18年末にTH10を完成させた。ホイールベース4,200mmで、13.50-24の大型タイヤ6輪を装着、総重量37tであった。

ところで、犬塚製作所が初国産して海南島で使用したとする鉱石運搬用20tダンプトラックの写真を見たことがあり、永年の謎であった。今回その写真をこのTH10と比較すると同体であることが分かった。犬塚製作所はダンプボディ架装の会社だったのだ。

写真—14は石礫鉄山に納車されたTH10である。そして、写真—15は石礫駅前で組立完了した神鋼120Kで、右端にもう1台の車体後部が見える。終戦時に120Kは4台が投入されていた。



写真—14 TH10



写真—15 神鋼120K

結局、TH10はシャーシ迄を17台製作したが、物資統制下の資材入手難で油圧ポンプが間に合わなくて架装できず、完成車は10台止まりとなった。石礫鉄山に1台納車したが、第二船の数台は船と共に撃沈され、前述の海上出鉱状況も更に悪化し、更なる納車は意味をなくし、残りは茂山鉱山に回すことになった。

これにも逸話がある。設計時、茂山鉱山にWhite製35t車があるのを知り、スケッチさせて貰うため技師を派遣しようとしたが断られた。実はこれより先、開戦により部品輸入ができなくなった茂山鉱山が、部品製作をゼーゼル自工に依頼したが、繁忙のためその部品製作依頼を断られ、礼も欠いた対応に気分を害し、今回の申出を断った。海軍の口添えがあって渋々承知したものの、17年9月に現地に行くと、車に近付くことも写真撮影も許されず、稼動状態を遠望するだけでスケッチもままならず帰国した。ところが後日、茂山のWhite35t車が消耗し、代替としてゼーゼル自工製20t車を要望してきた。前述の経緯があったが懇願するので、茂山に廻すこととなり19年暮れに第1回数台を納車した。その後、何台が茂山に到着

できたか不明であるが、戦後、ソ連軍が施設もろともに持ち去ったとのことである¹²⁾。

4. トラクタ式機械化施工

(1) トラクタ導入の揺籃期

米国では新しい潮流としてトラクタ式機械化施工が台頭してきていた。トラクタは、米国式大農場の農耕機械として蒸気の時代から発達してきている。このトラクタの内燃化に伴い建設機械への応用が始まり、スクレーパやグレーダ等の牽引やブレード等の作業装置の取付けが進んだ。我が国では建設機械の使用が禁止されていたので、この動向を掴んでいなかった。しかし、トラクタは陸軍が砲牽引用として大正7年から研究を進め、昭和6年に5t牽引車を正式化している。同時期に小松製作所もCAT Twenty Twoをモデルに農業用2tトラクタG25を開発し、昭和10年にはBest 30をモデルにG40(4.5t)を製作した。

(2) 新京—吉林国道工事

昭和8～10年 満州国建国後、国防上の要請で新京—吉林国道工事(109km)の急速施工が求められ、満州国国道局がブルドーザ、グレーダ、スクレーパ等(表—2)を米国から輸入して、米国流のトラクタ式機械化施工を導入し、その先駆となった。

表—2 主要機械一覧¹³⁾

機 種	会社名	台数	参照
9.3t Tractor Sixty	Caterpillar	1	
4.5t Tractor Thirty	〃	3	
3.5t Tractor Twenty	〃	2	
Road Builder	〃	1	写真—16
Road Ripper	Killefer	1	写真—20
Self Loading Scraper	Baker	3	写真—17
Revolving Scraper	Killefer	1	写真—18
Grader (大・中・小型)	Caterpillar	各1	写真—19
Elevating Grader	〃	1	
Road Planer	〃	1	
6t Road Roller (Tandem)	浅野物産	1	
10t Road Roller (McAdam)	大倉商事	1	
Truck	Skoda, Bedford	18	

残されている写真^{13), 21)}と年代から、機種を特定して施工状況等を推測してみる。ロードビルダとはブルドーザのことで、写真—16を見るとCAT ThirtyにLaPlant-Choate製初期の油圧ブレードを装着している。写真—17は、CAT ThirtyがBaker-Maney製の3両連結の転倒式セルフローディングスクレーパを牽引している。当時、Euclidも同様のスクレーパを生産している。近代的スクレーパとなるルターナのキャ



写真-16 ロードビルダ



写真-17 3連スクレーパ牽引



写真-18 ロータリ・スクレーパ牽引



写真-19 グレーダ牽引



写真-20 ロードリッパ



写真-21 アスファルト舗装状況

リオールは前年に開発されたばかりなので、ここではまだ導入されていない。リボルビングスクレーパとはロータリスクレーパとも称し、回転式のボウルで路面凸部をすき取るスクレーパである。現在も米国でよく使われているランドレバに似た役目の機械で運搬機ではない。写真-19は、牽引式グレーダをCAT Sixtyが引張っている。次のロードリッパはスカリファイアに近いもので、硬土を掻き起こし、スクレーパの積込みを容易にする。このKillefer社のロードリッパを写真-20に示す。尚、これらCATのトラクタは何れもガソリンエンジン車であるが、この頃からCATのトラクタはディーゼルへの転換が始まっている。

さて、使用結果であるが、操作・施工法・機械運用・整備等のノウハウもなく未熟で、運用が上手くいかなかったようである。そして、低廉な人力施工（山東苦力）より高くつき、それを批判され、更なる普及に至らなかった^{6), 14)}。それに少し取組みが早過ぎた感がある。これらの機械はトラクタ式土工機械として発達途上の初期のもので、後5年程待てば本格的なスクレーパや改良機器の登場とディーゼル化の進展で、もっと機能的で機動的な施工ができたであろうと思われる、非常に残念である。そして、その導入結果が評価されて普及していれば、後述の太平洋戦争の戦局にも影響を与えたであろう。

(3) 農業開拓のトラクタ

昭和12年5月 満州国では機械化農業のトラクタ採用機種を決定するため、満鉄農事試験場（公主嶺）でトラクタ実働競演会を開催した。それには、米国CAT RD4（写真-24）をはじめ各国のトラクタが参加した。小松製作所も前述のG25とG40（写真-22）で参加し優良な性能を示したが、ガソリン車は燃料費が高く付くため不採用となった。そして、満州国での農業用トラクタはすべてディーゼル車を使うこととなった。

そこで、小松はCAT RD4をモデルに国産初のディーゼルトラクタD35（4.2t）を昭和13年10月に試作、栗津工場を新設して量産化（500台／年）を図ろうとしたが、開拓局の計画が杜撰なため結局7台を送ったに過ぎず、D35の生産は17年までに47台を製造するに留まった。そして栗津工場は軍需の生産に切替わる¹⁵⁾。

写真-23～25は満州の農業開拓で活躍するMcCormick Deering TD35と独Lanz Raupenbulldog, CAT RD4のトラクタである¹⁶⁾。この頃になると満州でのCAT製トラクタはRD4がポピュラだったようである。前述の茂山鉱山や豊満ダムのブルドーザにもRD4（写真-10）が導入されている。



写真-22 トラクタ実働競演

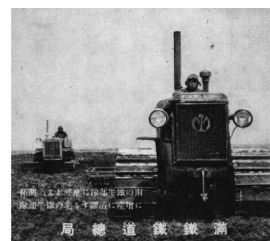


写真-23 McCormick



写真-24 CAT RD4



写真-25 Lanz Bulldog

(4) その後の満州国交通部¹⁴⁾

昭和14年になると、満州交通部黒河工程処で黒河、北安、孫呉、嫩江、訥河の各飛行場工事で機械化施工に再取組み、前述の建設機械を流用、投入例は、トラクタ×3、牽引ローラ×2、マカダムローラ×2、タンデムローラ×2、クラッシャ×4、コンクリートミキサ×2、アスファルト機械、モータグレーダ×1、トラック×2、レール5軒分、馬トロ等である。因み

に工程処の総保有台数は不明だが、トラクタ数は21台であった。

昭和17年 関東軍63部隊で、92式8屯牽引車をベースにブルドーザ（大連機械）、トウドグレーダ（満州三菱機器）、ロードリッパ（満州神鋼）、集材機（満州工廠）等を試作開始、同年冬に試作機完成。翌年2月に満州は凍結しているのに、南京郊外に輸送して実地試験を行う。

昭和19年 北満の建設機械を南満中央部に移動、東豊飛行場群建設に最大規模の機械化部隊を集中投入し成果をあげる。哈爾濱大連間高速度自動車道路の遼陽付近の機械化施工部隊では、エレベータンググレーダ、牽引グレーダ、スクレーパ、トラクタ、プレイナ等を投入。

(5) 航空基地の建設競争

昭和17年4月 海軍が占領したウェーキ島で、戦利品のブルドーザ、キャリオールスクレーパ、パワーショベル、モータグレーダ等を我が軍の飛行場設営隊が初めて目にするも用途が判らず放置。捕虜の申し出により操縦させると数日で造成を完了、その性能に驚愕して海軍施設本部に報告、調査技師（河野正吉他3名）が派遣され、一部を日本に持ち帰る。しかし、まだこの時点ではこれらの戦略的価値に気付いていない。

ミドウェイの敗戦（6月）により機動部隊による海上制空権の優位を喪失。ガタルカナル島の米軍反攻（8月）も飛行場建設が発端であった。制空権の争奪戦は、実は飛行場建設競争であるとやがて気付く。

昭和17年8月 ガタルカナル、ニューギニアでの米海軍設営隊シービーズ（海蜂隊）の機械化施工による航空基地建設能力に我軍は驚き、この懸隔を埋めるべく、東條陸軍大臣が「米軍は一週間で飛行場を設定している。日本軍は三日でこれを設定するよう研究せよ」と命じる。9月に大日本航空技術協会に「第14部会第3分科会」を設置、重土工機械の研究に着手、12月には航空本部が小松製作所と久保田鉄工に排土車（ブルドーザ）の試作を指示。因みに、シービーズの名はConstruction Battalionsの略C.B'sが、変じてSea Beesとなったものである。



写真—26 米軍設営隊 Sea Bees

(a) 海軍設営隊

昭和17～18年 海軍飛行場の急速設営の研究実験を茂原、厚木、神ノ池、藤沢、沼津で実施

昭和18年1月 本邦初のブルドーザとなる海軍発注の一型均土機（写真—27:後に押均機に改称、5.5t）を小松製作所が開発、鹵獲機を参考にG40用の油圧ブレードを設計（山本房生）、これを日本開発機製造に依頼製作し、栗津工場で組立てた。終戦までに148台を生産したようだ。実は昭和15年9月に、陸軍技術本部より北満湿地帯の軍用道路建設用車両の要求があり、小松は満州で稼働中のCAT油圧ブルドーザRD4を調査し、翌年年9月に図面を作成していた。開戦のためお蔵入りしていたが、これも役立ったようだ。

ところで、開戦直前の昭和16年8月に、鉄道省が前年登場したばかりの新鋭CAT D7を輸入して、信濃川発電所2期工事 浅ヶ原調整池土堰堤工事に投入し、その絶大な威力に工事関係者が驚嘆していた。しかし、この事実は軍や開発関係者に伝わらなかった。

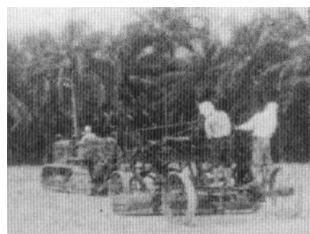


写真—27 一型均土機



写真—28 鍾淵押均機

昭和18年2月 海軍103設営隊が鹵獲建設機械による機械化施工で、ワクデ島航空基地を築城した。使用機種は、ブルドーザがCAT D4等5台、インターナショナル TD14等2台、牽引式グレーダ1台、ロードリッパ1台、ロードローラ、英リンカーン製12tが2台、酒井・城東・理研製5～10tが5台、トラクタ（日産、豊田）33台等である。結果的に、これが機械化施工の数少ない成功例となった。



写真—29 牽引グレーダ



写真—30 ワクデ島の設営状況

昭和18年3月 金剛製作所による期待の6m³牽引スクレーパの試作機が完成、7.5tトラクタでの牽引を予定していたが、牽引力不足が発覚し、10t車を新たに発注、その後4m³級も追加発注する。

昭和 18 年 8 月 前述の一型均土機は小松で製造したが、元来小松は陸軍色が強いので、それ以外の海軍用押均機（ブルドーザ）の製作は、鐘淵デイズ（日産ディーゼルの前身）を主体として製造する。同社は、8 月頃に 5t ブル（写真—28）の試作機を城東工場で完成、70 台位を生産。7.5t ブルは昭和 19 年 4 月に神根工場で完成し、150 台を生産。15t ブルも 8 月に同工場で完成したが、3 台の生産に終わる。その他にも羽田精機（4t）や加藤製作所（10t）、日本内燃機等が製造し、終戦までの総生産数は、先の一型均土機 148 台を除くと、発注内示の 1,365 台に対して正式発注が 512 台と減り、実生産は 300 台程度であった。

昭和 18 年下期 海軍機械化設営隊の前線への派遣開始、9 月にボナベ島に派遣した 221 設営隊の編成は、国産機種ばかりで、ブルドーザ：小松 G40 改 2 台、鐘淵 5t 3 台、トラクタ：東北重工 4t、金剛製作 2 種、ロードローラ：酒井他 10 台、ショベル：東京重工 1yd³ 型 1 台、スクレーパ：金剛 6m³ 型、他にトレーラとトラックを装備。

いずれも国産初号機に近く、故障続出であった。

(b) 陸軍設定隊

昭和 18 年 2 月 「飛行場設定練習部」を豊橋に創設、初夏に芦原で鹵獲機械の排土車（ブルドーザ）・削土機（キャリアオール）による実用試験。続いて夏の樺太で搭路研究演習に国産試作機を投入。10 月の伊那研究演習では排土車 8 台、削土機 3 台を使用、国産器材の生産も軌道に乗りつつあったが、故障が多く試作機の域を脱せず。

昭和 18 年 3 月 小松が高速牽引車の図面を基にブルドーザ：トイ車（11.5t）を試作（設計：山本房生）、翌年まで 80 台を生産。

昭和 18 年 6 月 陸軍が飛行場設定隊甲を 4 隊創設、3 個中隊編成（648 名）、装備はブルドーザ 5 台、牽引車 15 台、トラック 40 台等。

昭和 18 年 10 月 陸軍がニューギニアに飛行場設定隊甲 4 隊、乙 10 隊の派遣を発令。

昭和 19 年 5 月 小松がブルドーザトロ車（6t）を試作（1 台のみ）、戦後の D50 の原型となる。

小松は 6 車種のブルドーザ設計及び試作を行ったが、純然たるブルドーザとして設計したのはこのトロ車と試作未完の 14t 車の 2 種だけである。その他には、久保田鉄工が陸軍ハケ 8t 牽引車を利用作成し、羽田精機がトラクタから新型を製作。陸軍の 6m³ キャリアオールは宮原製作所、帝国車両、日立製作所で作製した。

総 括

昭和 17 年後半の米軍反攻後、航空基地急造の必要性を痛感し、建設機械の模倣による緊急開発を図ったが、見かけは兎も角、その性能差を克服できなかった。それでも、飛行場設営隊の緊急増設と機械化を図り、18 年後半から前線へ続々と派遣するが、その装備の多くは敵潜の跳梁により海没し、戦力化を果たせなかった。

5. おわりに

外地や軍の記録は、戦前に公表されたもの以外は、終戦時に元資料の焼却や持出し禁止等で喪失し、記憶に頼る部分が多く、食違いや不確かな情報が多い。また、植民地や占領地での案件は、当事者の新たな上梓を難しくした面がある。そういった理由からか、まとまった記録が少ない。しかし、先人の功績の伝承は、機械化施工に携わった者の責務と心得て調査研究をしている。本稿は今回急遽執筆することとなり、今まで収集した手元の資料を中心に、鉱山関係を新たに調べ直してまとめたが、まだ不明な点も多く調査不足の感はある。更なる調査は今後の課題としたい。

JCMA

【参考文献】

- 1) 土木工業協会、日本土木建設業史、'71.4
- 2) 岡本、機械化土工のあゆみ、土木施工、'09.8
- 3) 岡本、建設の機械化・前夜、土木技術、'11.4
- 4) 岡本、工事用の軽便軌条小史、建設機械施工、'14.5
- 5) 坂井愛智、協和機電鉱業(株)、創業者の歩み
- 6) 建設機械化の 10 年、JCMA、'59.5
- 7) 日立建機、日立建機 10 年史、'81.3
- 8) 三菱鉱業セメント(株)、三菱鉱業社史、'76.5
- 9) Ken Goudy's Collection
- 10) 山口節治、自動車車体技術発展の系統化調査、'10.3
- 11) 河野司、海南島石碓鉄山開発誌、'74.11
- 12) いすゞ自動車社史、'57.4
- 13) 米田正文、新京吉林国道工事報告、土木学会誌、'35.11
- 14) 高木薫、日本建設機械化外史、JCMA、'53.1
- 15) 小松製作所五十年の歩み、'71.5
- 16) 満州写真館／開拓機械化
- 17) 山本将男、豊満堰堤貯水開始す、土木満州、'43.2
- 18) 森・佐用、基地設営戦の全貌、'53.12
- 19) 岡本、建設機械の歴史、建設の施工企画、'08.1
- 20) 建設の機械化誌各号
- 21) 土木図書館／デジタルアーカイブス
- 22) 土工教室／土工機械史、<http://www.yamazaki.co.jp>

【筆者紹介】

岡本 直樹（おかもと なおき）
建設機械史研究家





安全な水への挑戦

ベトナムで初の高度浄水処理設備導入

矢 山 将 志

北九州市の姉妹都市であるベトナム・ハイフォン市は、北九州市が国内特許を有する上向流式生物接触ろ過設備（Upward Bio Contact Filtration 略称：U-BCF）を、ベトナムで初めて導入した。U-BCF とは、微生物による自然浄化作用を利用するもので、通常の凝集沈殿ろ過方式では処理が困難な物質を効果的に除去する技術である。本稿では、U-BCF 導入の経緯、またベトナムにおける今後の U-BCF 展開を紹介する。
キーワード：上向流式生物接触ろ過、U-BCF、高度浄水処理

1. はじめに

ベトナムの首都ハノイの東約 100 km に位置するハイフォン市の人口は 180 万人で、その規模からベトナム第三の都市と位置付けられている。また、ハイフォン市は、サイゴン港と並ぶ国際港を有し、郊外には外国企業の工場が多く進出するなど、国際色豊かな港湾・工業都市として発展している（図—1）。

そのハイフォン市の水道事業を運営するハイフォン市水道公社では、北九州市上下水道局が日本国内で特許を有している上向流式生物接触ろ過設備（Upward Bio Contact Filtration 略称：U-BCF）を、当市の小規模浄水場（ビンバオ浄水場：処理量 5,000 m³/日）に整備した。この整備工事を北九州市海外水ビジネス推進協議会の会員企業のベトナム現地法人が受注し、平成 25 年 5 月に着工、同年 12 月に完成させたものである。

東南アジアの公共水道において、日本の高度処理技術が導入されるのは、本件が初めての事例である。

更に、ハイフォン市は大規模な浄水場（アンズオン

浄水場）への U-BCF 導入を日本政府に対して要請し、これを受けた独立行政法人国際協力機構（JICA）は、無償資金協力を前提とした協力準備調査を現在実施している。

2. U-BCF について

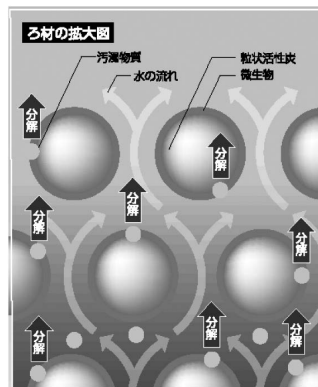
今回、ハイフォン市水道公社が導入を決めた上向流式生物接触ろ過設備（U-BCF）は、高度処理の一つに分類され、北九州市上下水道局が約 11 年間研究を重ねて開発した技術である。

除去の仕組みは、図—2 に示すように、微生物による自然浄化作用を利用しており、通常の凝集沈殿ろ過方式では処理が困難な物質を効果的に除去することができる。除去性能は、原水中の有機物を 3 割～4 割分解するとともに、多量に塩素が必要となるアンモニア態窒素や溶存マンガンを 6 割～9 割程度除去することができる。

この設備の特許について、北九州市が処理方式につ



図—1 ハイフォン市位置図



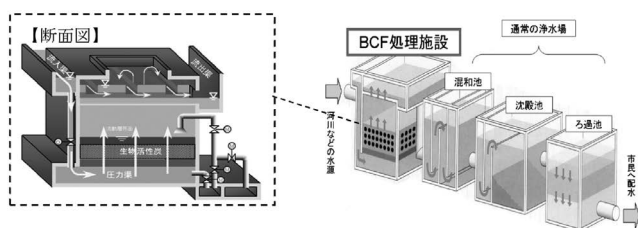
図—2 U-BCF 施設ろ過材拡大図

いての「製法特許」(特許第 3831055 号)を取得し、(株)神鋼環境ソリューションが U-BCF の一部品に係る「物の特許」(特許第 4299396 号)を取得している。

北九州市上下水道局では、U-BCF を市内 2 つの基幹浄水場に導入しており(写真—1)、国内の他都市においては、現在までに 9 つの浄水場に導入されている。この処理は原水中の微生物を利用して処理するため、薬品を一切使用する必要がなく、維持管理費を安く抑えることができる。さらに処理の前段階に設置するため、既存の浄水場の改造が不要である(図—3)。これらの特徴が、水道料金が安価で値上げが非常に難しい東南アジアにおいて、高度処理が導入できた一番の要因である。



写真—1 U-BCF 施設 (本城浄水場)



図—3 U-BCF 概略図

3. ハイフォン市の水道

ハイフォン市の近代水道は、フランス統治下時代の 1905 年に開始され、以降 100 年余の歴史を有している。近年の急速な都市化と工業化が招く河川の汚染により、ハイフォン市の水道原水は、生活雑排水による有機物汚染の度合いを示す指標の一つであるアンモニア態窒素が年々上昇し、通常の浄水処理設備しか持たな



写真—2 ハイフォン市の河川の様子

いハイフォン市の浄水場では、処理が困難となることから、その対策が喫緊の課題となっていた(写真—2)。このような背景の中、北九州市との交流が始まった。

4. 北九州市とハイフォン市の関係

2009 年 4 月、北九州市とハイフォン市は、両市の発展に向けた交流、都市開発及び環境保全の調和を目指す技術協力を推進するため、「日本国北九州市とベトナム社会主義共和国ハイフォン市との友好・協力関係に関する協定書」を締結した(写真—3)。

この提携を契機に、上述の問題を抱えるハイフォン市水道公社は、北九州市上下水道局に問題解決に向けての技術協力を要請した。これを受け、北九州市上下水道局は、2010 年～2012 年の 3 年間、JICA 草の根技術協力事業「有機物に対する浄水処理向上プログラム」を実施し、ハイフォン市が直面する水道原水問題の解決に向けての技術的な支援を行った。

ハイフォン市水道公社は、この技術協力に多くの幹部職員を参加させ、U-BCF やその他の日本の高度処理技術を学んだ。1 年間の実証実験(写真—4)や研修の結果、維持管理費用が安価となる U-BCF をハイフォン市にとって有効で導入可能な設備として候補にあげ、協議の結果、ビンバオ浄水場への導入が決定されたのである。



写真—3 締結式の様子



写真—4 実証実験の様子

今回 U-BCF が導入されたビンバオ浄水場は、ハイフォン市が所有する浄水場の中でも比較的小規模な浄水場である。しかしながら、本事業は地道な技術協力

から、日本企業の水ビジネス案件受注へと繋がった非常に良い事例であり、ハイフォン市の独自資金（ハイフォン市民から収納した水道料金）によって実施されることから、北九州市の技術がベトナム国に輸出可能な技術であることを証明するものであり、水ビジネスとしては、大きな一歩であるといえる。

また、本事業の着工式が2013年5月30日に実施され、同日、北九州市上下水道局とハイフォン市水道公社は、「ベトナム国における U-BCF 普及に向けた相互協力協定」を締結した。これは、同様の水質汚染問題を抱えるベトナム国の水道事業体に、広くこの U-BCF を普及させていくために締結したものである（写真—5, 6）。

2014年4月には、北九州市とハイフォン市は、友好・協力協定から姉妹都市協定を締結し、その関係をより強固なものとしており、両市の友好交流の更なる深化を目指している。



写真—5 ビンバオ浄水場の U-BCF



写真—6 U-BCF 普及に向けた相互協力協定
左：田中文彦 上下水道局理事、
右：ブ・ホン・ズン ハイフォン市水道公社総裁

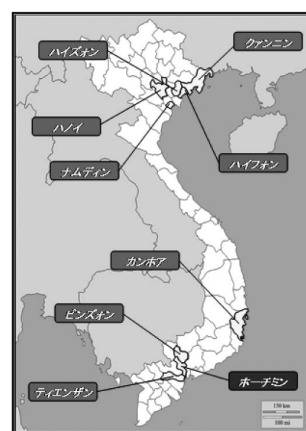
5. 今後の展開について

小規模浄水場への U-BCF 導入を成功させたハイフォン市水道公社は、次のステップとして大規模浄水場であるアンズオン浄水場（処理量 100,000 m³/日）に U-BCF を導入するため、日本政府に対して援助を要請した。ベトナムからの要請を受けた独立行政法人国際協力機構（JICA）は、無償資金協力を前提とした協力準備調査を行うこととなった。

この事業に、北九州市海外水ビジネス推進協議会の会員企業を含む共同体が参画しており、今年度の業務完了を目指しているところである。本市も JICA のアドバイザーとして、この調査業務に参画している。

ハイフォン市のアンズオン浄水場に本格的な U-BCF が整備されることになれば、ベトナム国の多くの水道関係者に U-BCF を直接目で見てもらうことのできるショーケース的な役割も担う施設として大いに期待している。

また、前述の相互協力協定に基づき、北九州市上下水道局は、ハイフォン市水道公社と協力して、水道水源の汚染に苦慮しているベトナム国の水道事業体に U-BCF を普及させるための取り組みを行っている。例を挙げると、2014年にはベトナム最大の都市であるホーチミン市で、実証実験を現地で実施し、U-BCF の有効性を1年かけて検証したところである。また、ベトナム国の主要7都市（図—4）では、北九州市職員とハイフォン市水道公社が7都市を直接訪問して U-BCF を紹介し、現地水質調査等、初期調査を実施した。今後は、調査対象都市に対して、事業化に向けた取り組みを更に進めていく予定である。



図—4 ベトナム全土へ展開

我々としては、この U-BCF は、ベトナム国の「安全な水の供給」に貢献できる公共水道設備であると確信しており、日越間において、「Win・Win」の関係で進めていくことのできる水ビジネス案件として、大きな期待を膨らませているところである。

JICA

【筆者紹介】

矢山 将志（ややま まさし）
北九州市上下水道局
海外・広域事業部 海外事業課





サウジアラビアの海水淡水化技術の課題とこれからの展望

松 井 康 弘

世界最大の産油国サウジアラビアにおいて、発電事業と造水事業を両立した蒸発法造水技術が定着している。近年、造水事業における膜ろ過法の機会拡大を目指し活発な議論がなされている中、サウジアラビア海水淡水化公団（SWCC）が主催（2014年9月17～18日）したワークショップ「Sustainable and Cost Effective SWRO Desalination for GCC」に出席した（写真—1）。膜ろ過法の機会拡大には、新技術の導入にあたり重視される実績や、要求される技術内容の保証など障壁もある。世界最大の海水淡水化の造水実績を誇るSWCCとは、省エネルギーや低ライフサイクルコストという新たな課題を共有し、技術開発を推進してきた。本稿では、海水淡水化技術として膜ろ過法を訴求する背景と、課題及び展望をまとめた。

キーワード：蒸発法、逆浸透（RO）膜、前処理技術、UF膜、MF膜

1. はじめに

アラビア半島の西岸、サウジアラビア（以下、サ国）内の紅海沿いには大小の都市が点在する。これら都市は、イスラム教の聖地メッカとメディナを繋ぐ港湾もしくは、巡礼街道の中継地として発展を遂げてきた。いずれも降雨に乏しい過酷な自然環境を今に伝えている。現在人口300万人を超えた大都市ジェッダはメッカに近く、毎年、世界のイスラム教徒200万人以上を迎え入れている。ジェッダの都市化は、同時に巡礼者や市民への水需要を増加させ、水道の歴史は16世紀マムルーク朝からオスマン朝にかけて、ジェッダ郊外で井戸や湧水水源の開発や導水に遡る。しかし当時から、水源の枯渇や塩水化に悩まされており、安定した水供給は今と共通した課題であった。海水淡水化（以下、海淡）の歴史は、現在人口30万人程度の中都市ヤンブーで生まれた。ヤンブーはメディナに近く、主にエジプト、北アフリカからの巡礼者を受け入れる紅海航路の拠点として都市化が進んだ。古くは井戸に依存した水供給を実施していたが、水蒸気機関船が普及していた20世紀初頭のオスマン朝において、塩水から淡水蒸留の発想が生まれ、水不足の窮地を凌ぐ手段が芽生えた。人口数万人の地方都市であるアルワジフ、ウムルジなども聖地へ繋ぐ巡礼街道沿いの中継地として成長した。このような地方小都市でも、1950年代にアルワジフで、70年代にウムルジで水不足を補う目的で蒸留装置が普及した記録が残っている¹⁾。これ



写真—1 SWCC主催ワークショップ パネルディスカッションで講演をする筆者

らいずれの都市も、湧水を飲料水に利用している名残は今もなく、水供給を海淡が完全に支えているのが現状だ。また、地方都市は巡礼街道沿いの中継都市としての機能も薄くなり、その代わりに、巡礼街道を、海淡のエネルギー源として消費される軽油の運搬にローリー車が行き交うようになった。国際原油価格の大幅な上昇とともに経済発展を遂げた中東において、海淡中心の大規模な造水技術や装置が普及した一方で、運用と維持管理において、今後も莫大なコスト負担を余儀なくなった。その中で、省エネルギー及び、低ライフサイクルコストの概念も根付き始めている。海淡による安定した水供給を最優先としながら、エネルギー消費の最適化にも高い関心を示しているサ国海淡技術

の展望を紹介する。

2. 海淡技術と消費エネルギーの現状

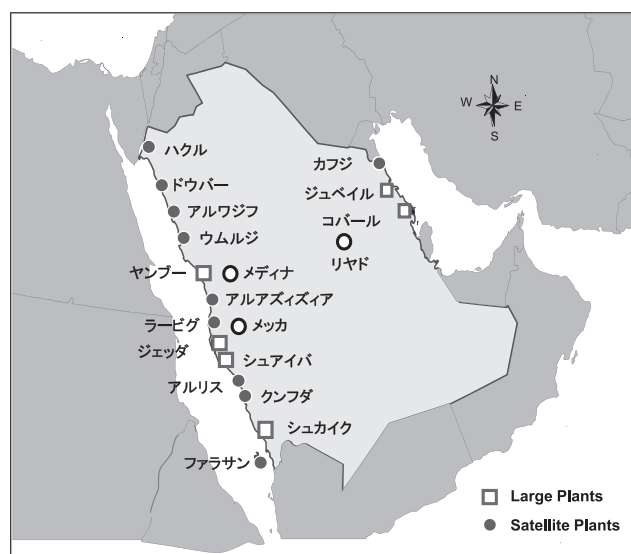
サウジアラビアに普及する海淡技術は、蒸発法と膜ろ過法である。前者は多段フラッシュ法（MSF）と多重効用法（MED）、後者は逆浸透膜法（RO）を指す。MSFは、海水を加熱して蒸発させ、水蒸気を凝縮することで淡水を得る。サウジアラビア海淡公団（以下、SWCC）が運用する西海岸のMSFは、いずれも数十から数百メガワット級の発電設備と併設されており、発電における余剰蒸気をMSFで利用している。MSFは、減圧蒸留において淡水の回収効率を上げるため大型で多段構造となるが、新規MSFプラントの更なる大型化はサウジアラビア、中東諸国の傾向である。MEDは、多数に並べた蒸発室（効用缶）からなり、前段の効用缶で発生した蒸気を次段の効用缶へと循環させ、順次、最終効用缶まで繰り返して海水の加熱、蒸発に用いる。効用缶内で蒸気は伝熱管内を流れ、伝熱管の外側の海水により冷却され、凝縮し淡水を得る。MEDは、MSFに比べれば造水コストは安く抑えられる効果がある。その一方、MEDは造水量数千 m^3 /日から2万 m^3 /日以下の小型プラントへの適用にとどまっていた。SWCCは、2015年1月に9万 m^3 /日超級のMEDの導入を発表しており、今後のMEDの大型化の兆しを見せている。海淡に依存傾向が極めて強いサウジアラビアでは、海水の水質変動に左右されず、前処理も必要としないMSF及び、MEDは安定した水供給源という観点で魅力である。SWCCは、同一MSFプラントを30年以上と長く運用している事例も多く、部材選定の最適化や、スケール生成の抑制などの技術開発に積極的である。またSWCCは、新設プラントを建設する場合の20%から30%程度のコストで、プラント寿命を15年程度延ばすことを目的とした既設蒸発法プラントのリハビリ実績も有している²⁾。ROは、海水が有する浸透圧以上の圧力をかけて、海水から塩分を分離して淡水を得る。逆浸透膜が海水中の無機物や有機物及び、微生物などで閉塞しないように前処理を施す必要がある。現状でSWCCは、砂ろ過を前処理に適用しており、海域によっては水質的な阻止性能の確実性に不安を残している。よって、SWCCは、逆浸透膜の閉塞と因果のあるバイオフィロウリングの発生リスクを低減するため、逆浸透膜上での微生物繁殖を防ぐ塩素消毒の手段を採用している。逆浸透膜の材質は、耐塩素性の三酢酸セルロースの選定が有効であることから、SWCCはウムルジを除くすべてのROプラントにおいて三酢

酸セルロース系逆浸透膜（以下、CTA-RO膜）を使用している。

前述のとおり、MSFは発電設備と併設されているため、一概に実際の海淡プラント毎に造水エネルギーコストを比較することは難しい。蒸発法と膜ろ過法で理論的な比較をするならば、単位造水量（ m^3 ）あたりのエネルギー消費は、蒸発法の必要動力62.9 kWh（必要熱量54,000 kcal）に対し、中東の高塩分濃度を勘案した膜ろ過法は4.5 kWh（3,870 kcal）の範囲に収まる³⁾。大型プラントによる実例の報告によれば、シュワイバ（IWPP）でMSF（88万 m^3 /日）と隣接するRO（15万 m^3 /日）の必要動力はそれぞれ25 kWhと4.6 kWhと試算されている⁴⁾。このように膜ろ過法に関しては、脱塩時に発生する高圧エネルギーの回収技術がプラント設計に浸透しており、エネルギー効率の向上は大幅な進化を遂げてきた。しかし未だSWCCによる造水量実績において、蒸発法が85%程度を占め、膜ろ過法を圧倒していることは事実である。安定性で優れる蒸発法への実質的な依存は拭えず、水質変動に対しても安定性を発揮する前処理を備えた膜ろ過法、維持管理性の向上、そして逆浸透膜の安定した供給が課題として残存する。

3. エネルギーコスト負担と今後の動向

SWCCが運営する主な海淡プラントを図—1に示し、SWCCが2012年実績として公表した西海岸の海淡プラントの造水能力及び、燃料消費を表—1に示す⁵⁾。大規模なMSFは原油、C重油及び、分解油を、小規模なMEDは軽油を燃料としている（なお、東海岸のMSFは天然ガスを使用）⁶⁾。サウジアラビアの油田は、東



図—1 SWCCが運営する海淡プラント

表—1 造水能力と蒸発法の燃料実績

		造水能力 (万 m ³ /日)	蒸発法の燃料消費 (2012 年実績)
MSF	ジェッダ	① 8.8 ② 22.1	C 重油 (180 cSt) : 1.3 百万 ton
	シュアイバ	① 22.3 ② 45.4	原油 : 1.4 百万 ton 分解油 : 0.3 百万 ton
	ヤンブー	① 10.8 ② 14.4	C 重油 (180 cSt) : 0.7 百万 ton C 重油 (380 cSt) : 0.4 百万 ton
	シュカイク	9.7	C 重油 (180 cSt) : 0.2 百万 ton
MED	アルアズィズィア	0.4	軽油 (7 サイト合計の過去 4 年実績) : 0.5 百万 m ³ (2012) 0.2 百万 m ³ (2011) 0.2 百万 m ³ (2010) 0.1 百万 m ³ (2009)
	アルワジフ	0.9	
	ウムルジ	0.9	
	ファラサン	0.9	
	クンフダ	0.9	
	アルリス	0.9	
	ラビーグ	1.8	
RO	ジェッダ	① 5.6 ② 5.6	
	ヤンブー	12.8	
	ハクル	0.4	
	ドゥバー	0.4	
	ウムルジ	0.4	

2012 年 SWCC 年次報告に開示された情報の抜粋⁹⁾

部及び、アラビア海沿岸の陸上にあり、世界最大の原油埋蔵量を誇り、バレルあたりの生産コストは 4.5 米ドルと安価である（なお、メキシコ湾深海部油田は 60 米ドル）⁷⁾。東部から西海岸へと輸送された原油が、西海岸の拠点都市で精製、または発電及び、MSF の燃料として消費されている。一方、MED は地方小都市に普及しており、燃料の軽油は巡礼街道を車輛で運搬されている。SWCC は、年間 10 億 m³ の造水量に対して、燃料費用は単位造水量 (m³) あたり 0.15 米ドルと紹介しており、概して 1.5 億米ドルを投じた計算となる⁶⁾。アブドラ国王原子力・再生可能エネルギー都市機構 (King Abdullah City for Atomic and Renewable Energy) は、この 09 年統計に対して、サ国内外の価格ギャップ (表—2) を反映させた海淡事業における実際的な燃料費用を 30 億米ドルと試算している。近年、サ国は各種燃料の国際市場価値を意識しており、

RO や自然エネルギーの活用を指向する傾向は強くなっている⁸⁾。

4. RO の飛躍を支える前処理技術への期待

サ国海淡プラントにおける CTA-RO 膜の普及は目覚ましい。SWCC は、1998 年に同膜を造水量 12.8 万 m³/日のヤンブーに導入して以来、2013 年に 24 万 m³/日のジェッダ (Jeddah III) に、2014 年に 34.5 万 m³/日のラスアルカイル (Ras Al-Khair) にそれぞれ導入しており、大型化に向けた実績を着実に残している。その一方で、SWCC は CTA-RO 膜以外の選択も模索している。CTA-RO 膜の調達メーカーは現状 1 社に限られるが、ポリアミド系逆浸透膜 (以下、PA-RO 膜) は 8 社である点を示唆しており、SWCC は、複数社の PA-RO 膜を用いて水透過性や、塩分の阻止性を長期間にわたり調査している¹⁰⁾ PA-RO 膜は、塩素耐性がないためバイオフィウリング対策として、CTA-RO 膜が適用しているような塩素消毒を実施できない。CTA-RO が適用されている SWCC の海淡プラントは、砂ろ過を用いた前処理によって海水中の夾雑物を取り除いている。一方、海水温が高い紅海、アラビア海の沿岸では植物プランクトン濃度の指標に用いられるクロロフィル a や、植物性プランクトン由来の粘性重合物質粒子 (Transparent Exopolymer

表—2 蒸発法燃料のサ国内外の価格⁵⁾

	サウジ国内価格	国際価格
天然ガス	300 US\$/MCF*	4.080 US\$/MCF*
C 重油 (180cSt)	11 US\$/ton	444 US\$/ton
C 重油 (380cSt)	11 US\$/ton	424 US\$/ton
分解油	2.3 US\$/barrel	80 US\$/barrel
軽油	52 US\$/ton	735 US\$/ton

* MCF : Million cubic feet

Particles, 以下 TEP) 濃度が高い。とりわけ TEP は、海水中の有機物であり、粘着性が強く不定形な集塊をなし、海洋微生物の捕食対象でもあることから海域環境の動態モニタリング上の重要な指標にとどまらず、RO ファウリングを未然に防ぐ前処理プロセスの管理指標にもなる。PA-RO 膜においては、バイオフィアリングのリスク低減の観点からも、確実に前処理プロセスで TEP をはじめとする微粒子の除去が必要である。この TEP や微粒子除去においては、前処理プロセスに精密ろ過 (MF) 膜や、限外ろ過 (UF) 膜といった砂ろ過よりもふるい分け効果の高い膜素材の適用が有力な選択肢である。市場には、サブミクロン以下、10nm 以上の粒子を分離できる PVDF 製 UF 膜¹¹⁾ や、海水の水質変動に対応し膜洗浄効果の高いセラミック製 MF 膜¹²⁾ が存在している。微粒子から高分子領域までの高い阻止性能を駆使した膜ろ過前処理システムの安定運転を、SWCC との共同研究や技術交流を積極的に行っている。また、一部の中東地域の海淡水プラントでの前処理への膜ろ過技術の実用化も始まっている。今後、世界最大の造水量を誇る SWCC が、膜ろ過技術を適用した前処理プロセスの適用に踏み切るかどうか待たれる。この膜による前処理が本格化することにより、CTA-RO 膜及び、PA-RO 膜といった逆浸透膜種の充実を推進し、海淡水に依存するサ国及び、中東諸国における蒸発法と膜ろ過法の将来の均衡を促すと考えている。

J C M A

《参考文献》

- 1) H. Pampanini. Desalinated water in the Kingdom of Saudi Arabia: The history of the Saline Water Conservation Corporation (SWCC), Turnaround Associates, Inc. 2010.
- 2) 鈴木明彦, サウジアラビアにおける海水淡水化エンジニアリング事業, 日本貿易会月報, 2008 年 2 月号 (No.656).
- 3) 藤田賢二, 水道工学, 技報堂出版 (2006).
- 4) Global Water Intelligence (GWI), Vol.11, Issue10, October 2010.
- 5) A. Baras, W. Bamhair, Y. AlKhoshi, M. Alodan, J.Engel-Cox. Opportunities and challenges of solar energy in Saudi Arabia, The World Renewable Energy Forum 2012.
- 6) SWCC Annual Report of Operation and Maintenance, 2009.
- 7) 岩間剛一, 堅調に成長するサウジアラビア経済とサウジアラビアのインフラストラクチャー開発の最新動向と日本企業の事業機会, 中東協力センターニュース (2012).
- 8) Global Water Intelligence (GWI). Vol.13, Issue12, December 2012.
- 9) SWCC Annual Report 2012.
- 10) M. Farooque. Performance of different SWRO membrane in Arabian Gulf, Sustainable and cost effective SWRO desalination for GCC workshop, 2014.
- 11) M. Taniguchi. High performance UF membrane for desalination and water treatment, Sustainable and cost effective SWRO desalination for GCC workshop, 2014.
- 12) Y. Matsui. Latest pretreatment membrane technology, Sustainable and cost effective SWRO desalination for GCC workshop, 2014.

【筆者紹介】

松井 康弘 (まつい やすひろ)
METAWATER USA, INC.
副社長



ずいそう



私は10数年前に福岡県に転勤となり、現在は春日市に住まいしていますが、勤務地の筑紫野市や太宰府市周辺には歴史に残る数多くの名所・旧跡が存在します。

皆様方もそれぞれ懐かしい故郷や、転任地での出来事、休日に出かけた行楽地や名物料理等を何かについて、思い出されるのではないのでしょうか。

去年はNHKの大河ドラマの影響で、福岡の街は黒田官兵衛一色でした。ご承知の通り福岡の街は秀吉の命で、官兵衛が戦役で荒れ果てた地の区画整理を行い、現在の街造りの基礎を築きました。多くの方は福岡県と言えば博多、博多の祭りと言えば祇園山笠、夜の繁華街と言えば中洲、太宰府と言えば天満宮を連想されるのではと思われます。

私は各地区の旧所・名跡を見て回るのが好きでして、それぞれの地にそれぞれの歴史や風土が感じられ、長い歴史の営みを思い巡らすとき、何やら偉人の吐息を感じる気がします。

さて、振り出しに戻りますと、筑紫野市武蔵には創建年については、飛鳥時代とも奈良時代ともいわれ定かではないが、境内から発見された瓦や経塚から九州最古の仏蹟だそうです。境内には大きな藤の木が有り、樹齢700年余りと言われており、観音堂、地藏堂、大黒堂や五輪の塔、茶室、鐘桜、芭蕉の句碑などがあります。

また、この武蔵寺の左手、天拝山の登り口近くにある小さな滝は「紫籐の滝」と言い、道真公が天拝山に登拝するとき身を清めたと言われ、傍らにはその時身に付けていた衣を掛けたという衣掛石や正平二十年(1365年)銘の五輪の塔が立っています。滝壺の真砂は太宰府天満宮の神幸式大祭の折り神輿の若者が「お汐井取り」にやってきます。

伝説によると天拝山は、讒言(ざんげん)のため太宰府に流刑された学問の神様の菅原道真公が、自らの無実を訴えるべく幾度も登頂し、天を拝したと言うことで天拝山と呼ばれるようになったとのこと。天拝山の頂上までは大人の足で30分位の道のりで、わりとなだらかな斜面が続きますが、最後の道が急な斜面になっていて、困難な方のためにロープが設置されています。

今は山頂に神社が祭られています、山頂からは遥か彼方が見渡され、遠い都に向かって大声で無実を訴えたのでしょうか。

何かでストレスの溜まっておられる方は、是非一度試して見てはいかがでしょうか(スッキリ?)。ただ、山頂で何かを訴えている様な方は見かけず、皆さん神社に参拝して下山されているようです。

つぎに訪れる所は、都府楼跡の名前で親しまれている太宰府政庁跡は奈良・平安時代に九州を治め、我が国の西の守りとして防御や外交の窓口として重要な役割を果たしてきました。その跡地の東側に観世音寺が

歴史探訪

久保田 正 春



建てられていますが、これは天台宗の寺院で、本尊は聖観音、開基は天智天皇であり九州を代表する古寺で、奈良の東大寺、栃木の薬師寺と共に天下三戒壇の一つとされています。

その観世音寺境内に天平宝字5年(761年)に戒壇院が設置されています。これは西戒壇と称され、九州の僧侶たちの登壇受戒の道場として来たもので、国指定の重要文化財となっています。

当時庶民の生活は不安定であった事から、食い扶持に窮したら坊さんになるとの風潮により、数多くの人が坊さんになったそうです。ところが余りにも坊さんが増加し無秩序となったため、その対応策としてこの戒壇は、奈良時代に国家が正式に各宗派僧侶の「資格」を認める受戒の儀式のためと、戒律のために設けられたそうで、もはや修行の場所ではなく試験場となったとのことでした。

これらの話や戒壇院に置かれている資料を読むと、我が国で最初の「国家試験」の始まりではないかと自分勝手に解釈をしています。この戒壇院の入門の案内看板に「本堂内戒壇には天竺(インド)、唐(中国)、大和(奈良)の三国の土が納められている」と書かれています。

私は、この日本で最初と思われる国家試験の場へ、御利益を頂こうと時々お参りして、安全と繁栄を祈願しています。

また、観世音寺にはNHKの年末番組紅白歌合戦の後での「ゆく年くる年」に登場した鐘撞堂もあり、周辺には多くの樹木や、秋には広大なコスモス畑も登場して秋風をうけての散策が楽しめます。太宰府天満宮からは車で5分位の所で徒歩でも行けます、是非一度訪れて下さいお勧めです。

次に訪れるのは太宰府天満宮から車で30分位の原田宿にある筑紫神社です。原田宿は筑前・筑後・肥前と三つの国が接した国境の宿場町です。筑紫の名称は広義では九州全土を指すと言っています。私は少なくとも福岡県一圓の総本山神社では勝手に解釈し、毎年初詣の三社参りには一番最初に参拝しています。

また、この神社で行われる一番有名な行事は「粥^{かゆ}卜^う祭」で、読んで字のごとく御粥で占いをする祭りです。正月に奉納されたお米で御粥をたき、それを1ヶ月神殿の中におき、できたカビの具合で吉凶を占うというものです。市の無形文化財にも指定され、テレビのニュースにも登場します。

まだまだ私の住まいの周辺には数多くの旧所・名跡がありますが、勿論皆さん方の周辺にも数多くの歴史跡が残されていることでしょう、散歩がてらに尋ねてみては如何でしょう。私の一押しです、案外と楽しいかも知れませんよ。

——くばた まさはる キャタピラー九州(株) 執行役員 教習事業部長——

ずいそう

自家用飛行機は、異次元の感動

小型飛行機の操縦は、日々の生活雑踏を忘れさせる、最高のリフレッシュ

野村 達夫



「週末は、久しぶりに鳥根県隠岐の島へ行こう、後醍醐天皇が幽閉された歴史あるこの島、海鮮昼食、島内散策、夕方隠岐の島を後に、鳥取湯村温泉で1泊。

翌朝鳥取を後にして、瀬戸内海を空から散策、そして南紀白浜で昼食、機体は西の彼方の夕日に包まれ、何事も無かったかのように、夕方オレンジのライトが光る滑走路へ着陸…」

自家用飛行機の世界では普通の出来事。この数行をお読みいただいている間、様々な思いを巡らせた事でしょう。ほんと？ 嘘？…どちらにしても脳裏に一瞬の空白が、この情景実はごく身近に現実のものであり、小型機操縦で味わえる別次元の世界。ではもう一つ別世界へご案内いたしましょう。

1. はじめに

男性読者の皆さんは、子供の頃、パイロットになりたい！ と言う夢を持たれたことが、一度はおありでしょう。

さてこれから自家用飛行機を自ら操縦する楽しさ、ビジネスにも活用、そして素晴らしい情景とのめぐり合いへと、出掛けてみましょう。

2. 自家用飛行機による異次元へのいざない

秋のある日、自家用飛行機を操縦して岩手県北上市のとある工業団地内の工場へ東京から視察業務で出掛ける。今日の飛行ルートは、東京近郊の飛行場を昼の12時に離陸、宇都宮・猪苗代湖・山形市、目的地の花巻空港を予定する。今日の搭乗者は私社長、秘書、そして2名のお客様接待、計4名のフライトだ。所有機は車で言えば3Lクラスの機体、巡航速度は約320km、セスナと呼ばれる一般的な機体は1.5Lクラスを指す。出発がちょうど昼のため山形空港に降り、ホワイトハウスでそば打ちをしたというAそば店で昼食をする事にしよう。昼食時間をゆっくり3時間とる事にしたい。この飛行コースの、上空から見る地上の紅葉この季節は見事な色合いを見せてくれる価値あるコースの一つ、お客様もその情景の美しさを喜ばれビジネスに効果100倍。エンルートの気象情報によると全コース秋晴れ、揺れる予想も無く飛行への気象影響は無いと判断、花巻空港到着16時30分を予定。エンルート上の気象状況の判断は、自身の操縦技量と密接な関係があり、疎かに出来ない。さていよいよ離陸だ、離陸後ヘディング（進路）を北へ向け、宇都宮を過ぎる前後に、高度は7500ftへ到達、左には男体山と中禅寺湖が、続けて那須の焼岳、さらに15分すると猪苗代湖が視界に入る。今日は磐梯山の右裾をかすめて裏磐梯へ、絵の具を流したような色をした五色沼上空を飛行しよう、そしてスキー場で名高い天元台上空を真近に見て、一路山形市へ、途中右に山形蔵王を

見て山形市上空の手前から山形空港へ向けて降下に入る。山形市、天童を眼下に降下を続け、広い滑走路01（磁石の方位10°）へすべるように着陸、管制塔から指示されたパーキングスポットへ進み、エンジン停止。東京近郊の飛行場離陸から山形までの飛行時間は60分。空港タクシーでそば街道のAそば店へ、この店のメニューは、そば・ニシンの味噌煮・お新香、たった3品、それでもわざわざ寄るだけの価値がある味だ。ゆっくり味を堪能し16時山形空港を離陸、一路花巻空港へ進路をとり飛行。山形空港から花巻空港まで僅か30分の飛行。途中こけしの鳴子、栗駒山上空を通過して北上市へ向けヘディングを向ける、あと18km、この辺りから花巻空港の管制塔へコンタクト、使用滑走路番号のアドバイスを貰う。秋の夕暮れに映える滑走路灯が光る滑走路へタッチダウン、自らの操縦だから体験できるこの情景、達成感、満足感、感激、飽きる事のない爽快感を味あわせてくれる、これが自家用飛行機操縦の醍醐味である。

ここまでお読み頂いた皆様には、新たな別次元を感じられたことだろう。そうでもない方は、是非体験される事をお勧めしたい。



満月の光の中、釧路空港へ向け降下中

——のむら たつお テクノクラート(有) 代表——

JCMA 報告

平成 26 年度 建設施工と建設機械シンポジウム開催報告（その 2）

優秀論文賞

放射線環境下における建設機械の自動運転システム

三浦 悟・黒沼 出・浜本 研一

1. はじめに

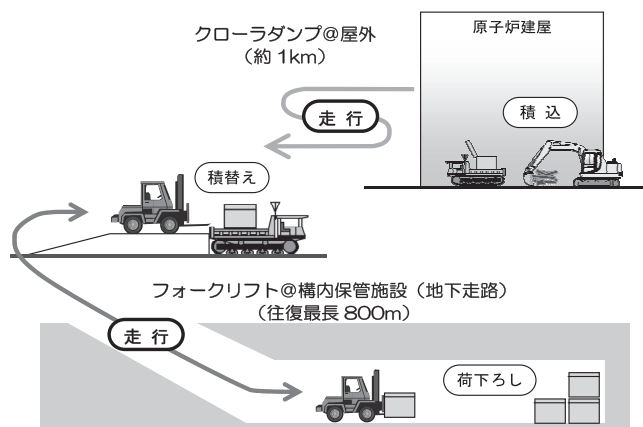
東京電力福島第一原子力発電所の原子炉建屋解体・がれき撤去工事で発生する高線量がれきの構内保管施設への搬送作業は、これまで遠隔操作型や放射線遮蔽型の建設機械を導入することで、搬送作業時の作業者の被ばく線量低減が進められてきた。しかし、現地での作業環境は依然厳しく、より一層の被ばく低減と作業効率の向上、遠隔操作等で問題となるオペレータの誤操作を無くすための改善は常に追求めて行かなければならない課題であった。これに対し搬送作業に用いられるクローラダンプおよびフォークリフトの走行機能を自動化する検討を進めた結果、最新の計測技術、制御技術を適用して、障害物や経路を自律的に認識、判断しながら既設道路上を自動で走行するシステムを開発し、実作業に適用するに至った¹⁾。

2. 搬送作業について

高線量がれきの構内保管施設への搬送作業は、建屋解体場所が高線量がれきを鋼製コンテナに積み込み、構内保管施設まで走行し、保管施設のコンテナ貯蔵場所に荷下ろしを行う（図—1）。この搬送作業は、2種類の建設機械を用いて行われており、今般、それぞれの機械の走行を対象に自動化を検討した。

a. クローラダンプ

原子炉建屋から構内保管施設まで鋼製コンテナを屋外搬送する（図—1上側、走行距離は約1km）。



図—1 搬送システムの概要

b. フォークリフト

構内保管施設の外で鋼製コンテナを受け取り、施設内地下に格納する（図—1下側、走行距離約800m）

3. クローラダンプ自律走行システム

3.1 導入目的

従来の屋外搬送は、図—2の配置で、オペレータが先導車の後部に遠隔操作型クローラダンプ（車両重量16.4t、最大積載荷重11t、車両全長6.0m、車両全幅3.5m）と対面するように後ろ向きに搭乗し、遠隔操作によって運転していた。作業中の被ばく線量を抑えるために、クローラダンプからできるだけ離れた位置から操作してするのだが、狭隘な場所では機体の周囲状況などを目視で確認するため、クローラダンプに近づいて操作しなければならない状況も生じていた。そこで、被ばく線量低減のために一定以上の距離を保つとともに、オペレータの誤操作防止、作業効率の向上を目的に自律走行システムの開発を行った。



図—2 従来のクローラダンプによる搬送作業

3.2 システム概要

図—3に自律走行に必要な各種センサ、制御機器、及び通信機器を設置したクローラダンプの外観を記す。主な機器の種類と用途は以下の通りである。

- ・センサ機器
 - － RTK-GPS：機体位置計測
 - － GPS 方位計：機体方位計測
 - － ジャイロ・加速度センサ：機体姿勢計測
 - － レーザスキャナ（2箇所）：前方、側部の障害物検知、安全監視
 - － 車載カメラ（5箇所）：周囲状況・安全確認
- ・制御機器：自律走行制御用コンピュータ
- ・通信機器：RTK-GPS 補正データ通信用無線、センサ・

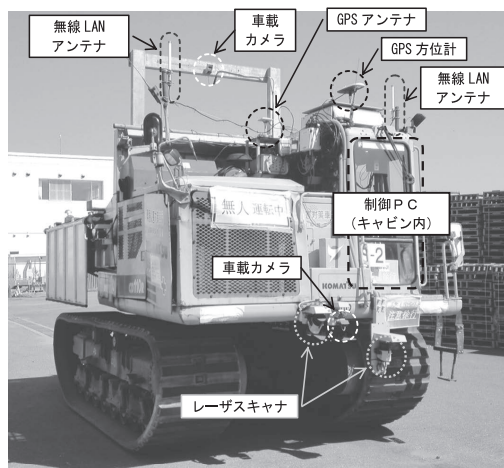


図-3 クローラダンプ外観

システムのモニタ用無線 LAN

なお、RTK-GPS 並びに GPS 方位計を用いているため、機体位置、機体方位の計測頻度は 10 Hz であったが、自律走行時の安全性・安定性を確保するため、本システムでは、これらのデータをジャイロ・加速度センサによって補間し、高速 (100 Hz) で出力できるように改良している。

クローラダンプは先導車のオペレータからの指示により、後述する走行制御手順に従って自律走行を開始する。目標経路に対する機体の位置、方位、障害物検出状況、及び車載カメラの映像は、無線 LAN を通じてリアルタイムに先導車に送信され、モニタや PC 画面上へ表示される (図-4, 5)。自律走行中は計測データや映像を監視するだけなのでオペレータが機体に接近する必要はなくなる。

3.3 走行制御方法

クローラダンプが目標経路に追従して走行するための制御方法について図-6 を用いて説明する。

予め現地測量により目標経路を設定する (目標経路の折れ点部を中継点、最終端を最終目標点と呼ぶ)。また、機体位置と目標経路からの離隔 (追従誤差と呼ぶ) に対し、走路の状況・幅に応じた各区間の管理幅及び限界幅を設定する。走行制御手順を以下に示す。



図-4 監視・指示システム (先導車内)

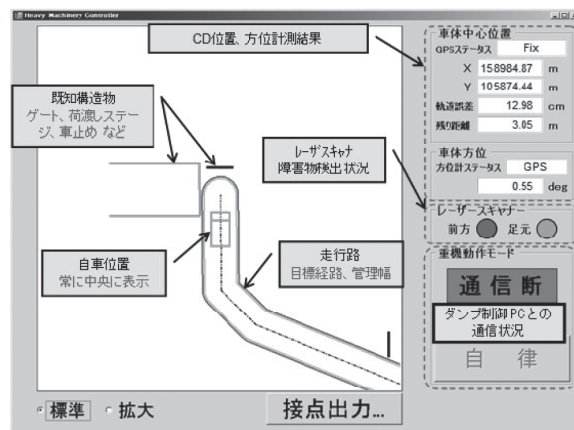


図-5 自動運転状況のモニタ画面

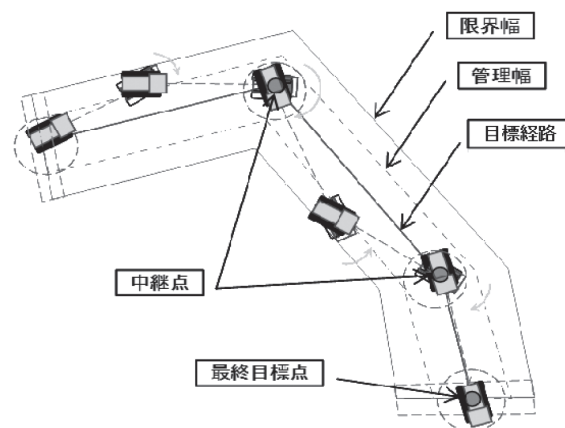


図-6 走行制御のイメージ

Step 1) 目標経路上に設定したクローラダンプの前方直近にある中継点を目標点として設定する。

Step 2) 目標点の方向に機体の向きを合わせる。

Step 3) 直進走行する。走行中に、

Case1: 追従誤差が管理幅に達した⇒ Step 2 へ

Case2: 追従誤差が管理幅を超えた or 障害物を検知、接触可能性あり⇒非常停止し、カメラ等で確認⇒遠隔操作に切替えて運転する

Case3: 中継点に到達した⇒次の中継点を目標点に設定し、Step 2 へ

Case4: 最終目標点に到達した⇒停止

3.4 導入効果

自律走行中は、オペレータは計測データモニタ・車載カメラ監視により、クローラダンプの走行状況を直接目視で確認することが不要となり、従来は 30 m 弱だった離隔距離を 100 m 程度まで離すことができ、オペレータの被ばく線量を大幅に低減させることができた。さらに誤操作の恐れもなく、また、機体に近づいて状況確認する必要もなくなり、作業効率の向上が図れた。

4. フォークリフト自律走行システム

4.1 導入目的

高線量がれきが搭載された鋼製コンテナを構内保管施設に搬送、定置する作業には、遠隔操作型フォークリフト（図一7：車両重量 16.4 t、定格荷重 8.5 t、車両全長 6.3 m、車両全幅 2.4 m、最少旋回半径 4.1 m）が採用されたが、狭い屋内通路での搬送作業のため、オペレータの誤操作及び作業効率の低さが懸念されていた。そこで安全性を確保しつつ、搬送作業の目標サイクルタイムを確保する対策として、自律走行システムを開発した。



図一7 フォークリフト全景

4.2 システムの特徴

本システムの特徴として、GPS が使えない屋内での位置計測にレーザスキャナによる自己位置認識技術を採用したことがある。製造工場等で実績のある電磁誘導方式では走行路に誘導線を埋設する工事が必要であり、走行ルートにも制限があるため、本件への適用は困難であった。そこで、事前工事が不要かつ走行路の変更に伴う構造物や機械等への工事・改造が不要であるレーザスキャナを用いた位置・姿勢角計測方法を開発し適用した。

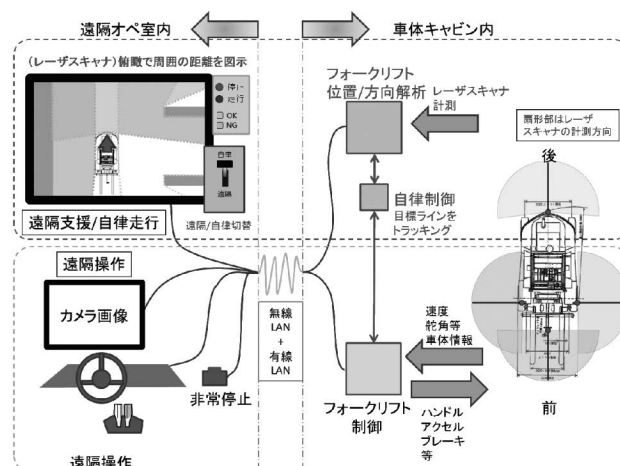
4.3 システム概要

クローラダンプで運んだ鋼製コンテナをフォークリフトに積替え、構内保管施設内に定置する作業の内、コンテナの積替え・定置はオペレータが遠隔操作で行い、それ以外の斜路の上り下り、直線・切返し部の走行を自動化した。なお、保管施設の走路は、壁面設備を考慮するとフォークリフト車両幅に対し左右約 1.0 m の余裕幅であった。

保管施設には有線及び無線による LAN を構築し、運転操作は施設から約 500 m 離れた建物内の遠隔オペレータ室から行うことができる（図一8）。遠隔操作システムと自律走行システムの構成を図一9に示す。図一9の左側に遠隔オペレータ室内に設置している機器の機能を、図一9の右側にフォークリフトの機体キャビン内に設置している機器の機能を示している。それぞれの機器は LAN を通じて通信している。また図一9の下側を破線で囲んだ部



図一8 遠隔オペレータ室



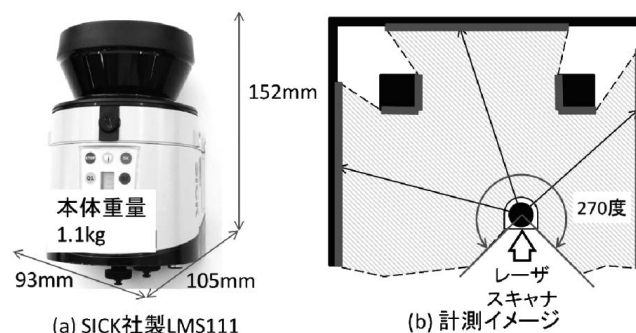
図一9 遠隔操作・自律走行システムの構成

分が遠隔操作システムであり、図一9の上側が開発した自律走行システムである。

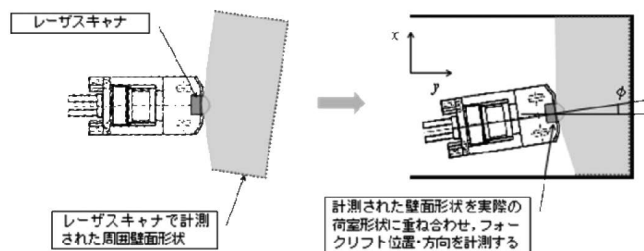
4.4 レーザスキャナによる位置・姿勢角計測方法

レーザスキャナには SICK 社製 LMS111 を採用した。本センサは 270 度（正面より左右 135 度）の範囲を 0.5 度毎に 25 Hz のサンプリング周期で計測することができる（図一10）。

本システムでは、パーティクル・フィルタを用いてフォークリフトの施設内での相対位置や姿勢角を推定している²⁾。まず、フォークリフトのステアリング角度及び速度データを基に車両の確率的な運動モデルを用いて各パーティクルの推定位置・姿勢角及びその推定確率を求める。得られた推定位置・姿勢角に対し、レーザスキャナ計測データ（図



図一10 レーザスキャナ諸元と計測イメージ

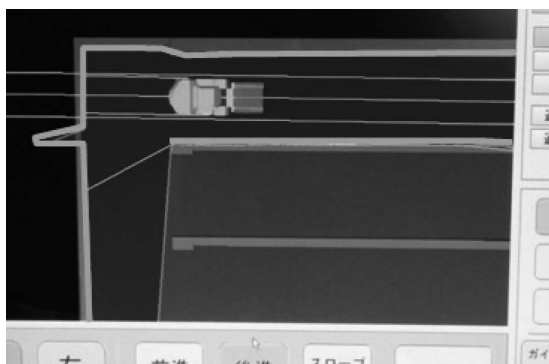


図一 11 相対位置・姿勢角の推定

— 11 左) を施設内の壁に反射して得られたものと考え、CAD 図面などの事前に得られた構造物形状から作成した 2 次元地図データとの照合確率を求める。位置・姿勢角の推定確率とレーザスキャナ計測データの照合確率から各パーティクルの適合確率を求め、フォークリフトの施設内での相対位置・姿勢角を全パーティクルの期待値として推定している (図一 11 右)。

相対位置・姿勢角を推定するサイクルタイムは 0.05 秒以内であり、フォークリフトの動特性に対して、十分リアルタイムな推定をすることができる。本システムではレーザスキャナを機体の前後左右の 4 か所に配置し、位置・姿勢角計測及び障害物の検知を行っている。

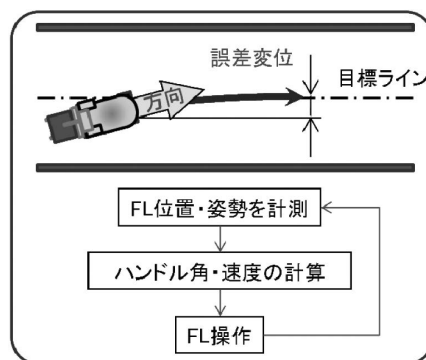
図一 12 は施設内通路を走行している機体を、レーザスキャナデータから推定した位置・姿勢角計測結果を基に描いた CG 画面を示す。白線部が計測された形状である。事前に施設の床と壁を地図化して与え (図一 12 の灰色の濃淡部)、パーティクル・フィルタで得られた位置・姿勢角を基に機体とレーザスキャナ計測データを描いているが、レーザスキャナ計測データと施設内の壁の位置が一致しており、相対位置・姿勢角を正しく推定していることが分かる。



図一 12 施設内走路内の CG 画面

4.5 走行制御方法

制御サイクルタイムは、位置・姿勢角計測のサイクルタイムから約 0.05 秒である。ハンドル角指令値は、フォークリフトの相対位置・姿勢角を計測後、予め定めた目標ラインからの誤差変位及び誤差方向を求め、フォークリフトが追従するように PI 制御を用いて計算している (図一



図一 13 走行制御概要

13)。走行速度はスロープ部上り・下り、直線部及び切返し部のそれぞれに対して速度指令値を設定し、指令値を切替えて制御している (作業サイクルタイム等から平均走行速度は約 2 km/h である)。

4.6 導入効果

高線量がれきを抱えた状態での狭隘部の走行、方向変換を遠隔操縦で行うことは、オペレータにとって緊張感を維持させなければならない過酷な作業であったが、それを自動化したことで、クローラダンプ自律走行システムと同様に、本システム導入の結果、オペレータの熟練度に関係なく一定時間で搬送作業工程を完了できるようになったとともに、コンテナの積替え・定置に専念することが出来るようになり、負担低減が図れた。

5. おわりに

本報告では、東電福島での高線量がれき搬送システムにおいて開発したクローラダンプ自律走行システムとフォークリフト自律走行システムの目的、構成機器及び導入した自律走行機能について概説した。本開発システムは、被ばく線量低減だけでなく、緊迫した状況下での遠隔操作におけるオペレータの心理的疲労を軽減し、誤操作を無くし安全性を高めることを目指して導入した。本システム適用の効果については現在搬送作業を進める中で確認していく予定である。

《参考文献》

- 1) 三浦 悟, 日比康生: 放射線環境下における搬送作業の自動化, 土木施工, Vol. 54, No.1, pp.52-55, 2013
- 2) S. Thompson et al: Constrained 6DOF Localization for Autonomous Navigation of a Golf Cart, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013 講演論文集, pp.1A2-I03 (1) - (4), 茨城県つくば市, May, 2013

三浦 悟

鹿島建設(株)

黒沼 出

鹿島建設(株)

浜本 研一

鹿島建設(株)

JCMA 報告



論文賞



コンクリート構造物非破壊検査のための遠距離非接触音響探査法

杉本 恒美・歌川 紀之・片倉 景義

1. はじめに

現在、トンネルや橋などのコンクリート表層部欠陥の検査手法として打音検査が主流である。しかし、この方法ではハンマーを用いて直接コンクリートに打撃を加える必要があるため、人の手の届かないような場所の検査は困難である。そのため、高出力指向性音源による空中放射音波を用いた全く新しい遠距離非接触音響探査法の検討を行ってきた^{1)~3)}。本手法は、通常の打音法と同じたわみ共振を利用した手法であるため、将来的には打音検査を置き換える手法となる可能性が非常に高い。ここでは円形モデル供試体を用いた検出可能な欠陥の平面規模および深さ、剥離試験体を用いた剥離欠陥の検出および実際のコンクリート構造物における探査結果等について紹介する。

2. 遠距離非接触音響探査法の計測原理

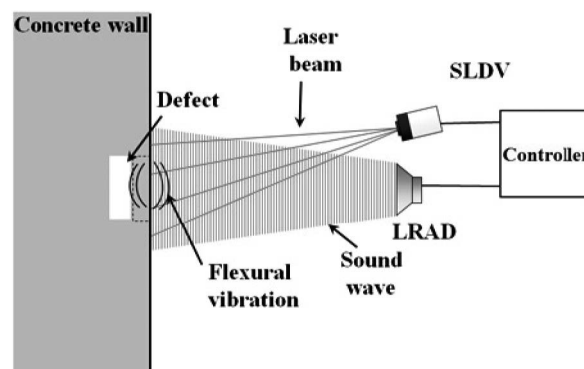
2.1 非接触音響探査法の概要

非接触音響探査法の概要図を図—1に示す。音源から発した平面波音波により測定対象壁面を励振し、励振時の壁面上の振動速度をLDV (Laser Doppler Vibrometer) により光学的に計測する。もし、壁面内部に水平方向のひび割れなど空隙欠陥が存在していたとすると、その欠陥部上は健全部に比べ曲げ剛性が低下するため、たわみ振動が生じやすくなっている。例えば欠陥部分の形状を円形と想定した場合、単純支持した円板と近似できる。そのときの一次固有振動数は下式で表される⁴⁾。

$$f = \frac{4.98}{2\pi a^2} \sqrt{\frac{Eh^2}{12\rho(1-\nu^2)}} \quad (1)$$

ここで、 a は半径、 h は板の厚み、 E はヤング率、 ρ は密度、 ν はポアソン比である。(1)式からわかるように、欠陥部のたわみ振動の固有振動数は板の厚みに比例し、半径の二乗に反比例する。

本研究ではLDVとしてはスキャニング機構を備えたスキャニング振動計 (SLDV: Scanning Laser Doppler Vibrometer: Polytec Corp., PSV400-H4) を、音源としては通常のラウドスピーカと異なり 100 dB 以上の音圧を 10 メートル以上離れた場所でも発生できる長距離音響発生装置 (LRAD: Long Range Acoustic Device, LRAD Corp., LRAD-300X)



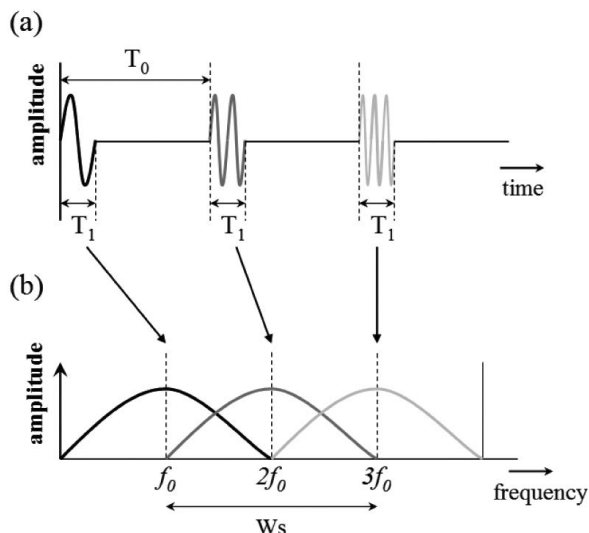
図—1 非接触音響探査法の基本構成図

を用いる。

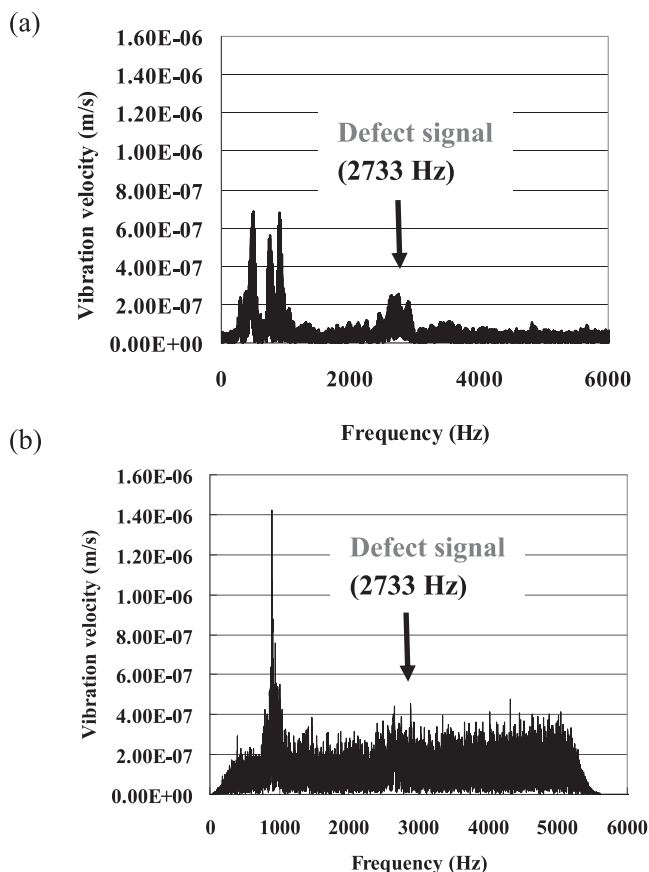
2.2 トーンバースト波を用いた S/N 比改善

欠陥部を励振させるための加振用音波として、持続時間の長いチャープ信号 (例: 持続時間 2 s, 500-5000 Hz の広帯域の Linear up chirp 波) を用いると、壁面からの反射波の影響で計測用のレーザヘッドが振動し、それが S/N 比に悪影響をもたらすことが明らかになっている。しかしながら加振用の音波と計測用のレーザ光の伝搬速度の差を利用して、対象壁面からの反射波がレーザヘッドに到達する前に計測を終了させることにより、上記の問題を回避して S/N 比を改善することが可能となる。そのため、本研究では図—2に示すように異なる中心周波数帯をもつ短いパルス波を逐次送信することで、チャープ波と同等の広帯域の周波数成分を得ることができる広帯域トーンバースト波を送信波として採用することにした。

壁型コンクリート供試体 (1.5 × 2.0 × 0.3 m³) 内の深さ 75 mm に埋設された欠陥 (発泡スチロール板 (300 × 300 × 25 mm³)) を用いて、トーンバースト波の検証実験を行った。計測に使用した広帯域トーンバースト波は各パルス幅 3 ms (Bandwidth: 330 Hz) で、パルス間インターバルは 100 ms である。各パルスの中心周波数は 500-5100 Hz の範囲で 200 Hz ずつ変調し、全体で 170-5430 Hz 程度の周波数成分を有している。音源から対象面およびレーザヘッドから対象面までの距離は 5 m および 5.4 m である。計測点は欠陥部の中心部の 1 点のみである。計測された欠陥部上の時間ゲート適応後の振動速度スペクトル例を図—3に



図—2 広帯域トーンバースト波の概要図
(a) 時間波形, (b) 振動速度スペクトル



図—3 欠陥部上の振動速度スペクトルの例
(a) トーンバースト波+ゲート処理後, (b) チャープ波

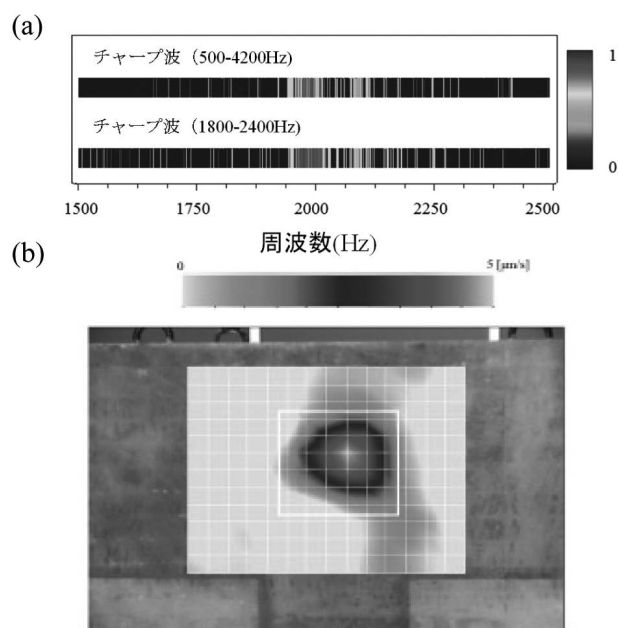
示す。従来の加振用音波としてチャープ波を用いると光学系の振動ノイズが取り除くことができなかったため、S/N比4 dBであるのに対し、今回の提案手法では19 dBと、従来法に比べ15 dBの改善が行われたことがわかる。

3. 遠距離からの欠陥検出実験

SLDVとLRADを組み合わせることにより、手法が実

際に5 m以上の離隔で探査が行えることを確認するために実証実験を行った。音源とコンクリート供試体間は10 mに設定した。音源であるLRADは供試体に正対して設置し、SLDVはそのやや斜め後方の位置から計測を行った。実験に用いたコンクリート供試体の大きさは $1.5 \times 2.0 \times 0.3 \text{ m}^3$ である。供試体には深さ5 cmの位置に $300 \times 300 \times 25 \text{ mm}^3$ の発泡スチロール板が埋設されている。音源としては米LRAD社のLRAD 300Xを、SLDVとしては独Polytec社のPSV400-H4を使用した。また、探査用の送振波形としては広い周波数帯域を持ったチャープ波を用いた。実験時の出力音圧はコンクリート表面付近で約110 dBである。

図—4に欠陥部の応答周波数帯の輝度映像結果（周波数スペクトルの最大値で規格化したスペクトル表示）を示す。探査用のリニアアップチャープ（500-4200 Hz, 1800-2400 Hz）を送振した結果、2 kHz周辺で明瞭なスペクトルピークを存在することがわかる。帯域を絞ったチャープ（1800-2400 Hz）を送振した場合のSLDVの振動速度分布の映像化例を図—4（映像化周波数は1998 Hz）に示す。図中の大きな白四角が埋設物の位置と大きさを示しており、その他の細白線の交点はスキャンポイント位置を示している。スキャン領域は $0.6 \times 0.7 \text{ m}^2$ の大きさで、計測ポイント数は195（ 13×15 ）ポイントである。この映像から埋設物中心での振動が見てとれる。この結果から、10 mの離隔であっても、本手法による欠陥検出が可能であることを確認した。

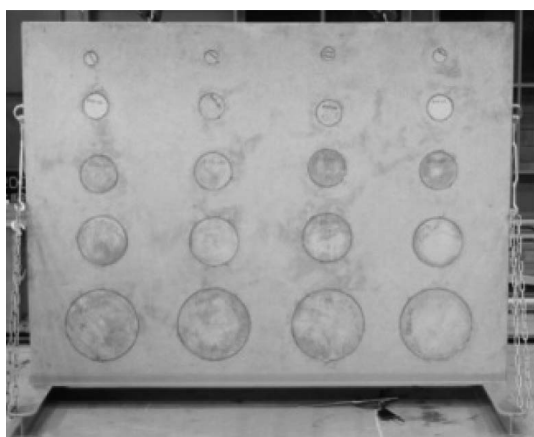


図—4 10 mの離隔での探査結果例
(a) 振動速度スペクトルの輝度表示例, (b) 振動速度分布（1998 Hz）

4. 検出可能な欠陥の大きさ及び深さについて⁵⁾

4.1 円形欠陥モデル

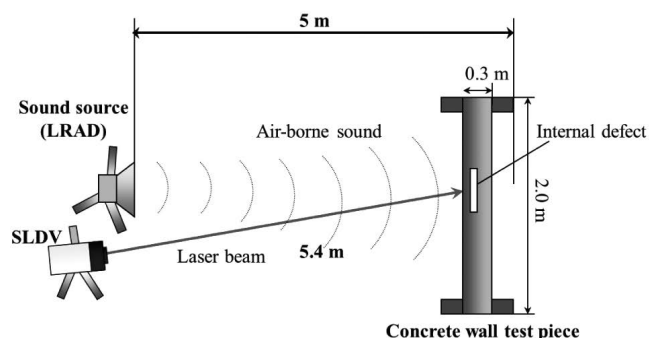
検出可能な空洞の大きさ及び深さについて検討するために、埋設深さと直径を変化させた円形欠陥モデル（発泡スチロール 25 mm 厚）を埋設したコンクリート供試体（ $2 \times 1.5 \times 0.3 \text{ m}^3$ ）を製作した（図—5 参照）。円形発泡スチロールの直径および深さは直径 50 mm のものが深さ 10, 20, 40 及び 60 mm に、直径 100 mm のものが深さ 20, 40, 60, 80 mm に直径 150, 200 および 300 mm のものが深さ 40, 60, 80, 100 mm の位置に埋設されている。



図—5 円形欠陥モデルを埋設したコンクリート供試体（発泡スチロール 25 mm 厚を埋設）

4.2 実験セットアップ

実験セットアップ図を図—6 に示す。LRAD は欠陥部に正対させ、SLDV は LRAD のやや後方に配置した。コンクリート供試験体からの離隔はそれぞれ 5 m, 5.4 m である。



図—6 実験セットアップ

4.3 円形欠陥モデルの実験結果

5 m の離隔からの探査結果を表—1 に示す。上段は岩検ハンマーを用いた叩き点検法による検出の可否（3 名でブラインドテストを行い、○は検出可能、△は判定が分かれるもの、×：検出不可）、下段は本手法による検出の可否（○は検出可能、かつ SLDV の共振ピーク以上の共振ピーク

表—1 円形欠陥モデルの検出結果
（上段：岩検ハンマーによる叩き点検結果）
（下段：非接触音響探査法による検出結果）

(mm)	深さ100	深さ80	深さ60	深さ40	深さ20	深さ10
直径50	—	—	△ ×	△ ×	×	×
直径100	—	×	×	×	△ O5430Hz	—
直径150	×	×	△ △4958Hz	△ O4449Hz	—	—
直径200	×	×	○ O3733Hz	○ O2762Hz	—	—
直径300	○ △3155Hz	○ △2734Hz	○ O2106Hz	○ O1449Hz	—	—

を検出した場合でその共振周波数を表示、△は SLDV の共振ピークと同程度以下のピークを検出した場合、×：検出不可を示す）を示している。岩検ハンマーを用いた叩き点検では、打音検査のプロではない素人の方に自由に叩いて判定をしてもらった場合の結果である。両手法ともに加振方法に違いがあるにも関わらず、同様な探査性能を示していることがわかる。

5. 剥離試験体での検出結果

前節の検討では空洞欠陥を模擬するために 25 mm 厚の発泡スチロールを用いた。しかしながら、実際のコンクリート内部の欠陥としては大きな空洞欠陥よりも、鉄筋部が錆びて膨張することにより生じる剥離欠陥の方が現実的であると思われる。一方で、非接触音響探査の探査原理は、コンクリート表層部のたわみ共振によるものであるため、表層部にわずかな空気層があれば板振動を生じさせることが可能である。そのため、欠陥の検出精度はその間隙幅には依存しないということが想定される。そこで、剥離欠陥を模擬した供試体を製作し、実際に探査可能かどうかの検討を行った。

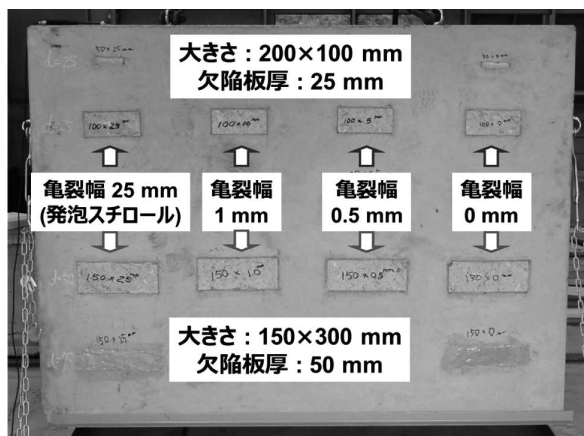
5.1 剥離欠陥モデルの作成方法

剥離欠陥モデルは壁型供試体（ $150 \times 200 \times 30 \text{ cm}^3$ ）にひび割れを有した小型供試体（以下ひび割れモデル）を埋設することで再現した。ひび割れモデルの製作手順を以下に示す。

- ①円柱状コンクリートピース（ $\phi 100 \times 200 \text{ mm}$ ）を割裂引張強度試験により 2 つに割裂させる。
- ②測定面側をフラットにするため、割裂させたテストピースのうち 1 つを半分にカットする。
- ③割裂させた 2 つの供試体間に金属スペーサを挿入することで間幅を調整。
- ④エポキシ接着剤を亀裂部周囲に塗布。供試体の固定とともに、後に流し込むコンクリートの侵入を防ぐ。

埋設したひび割れモデルは 4 種類で、内 3 種類それぞれ間隙幅が異なる。この時調整した間隙幅は 1.0 mm, 0.5 mm および 0 mm である。0 mm のものは割裂後にスペーサな

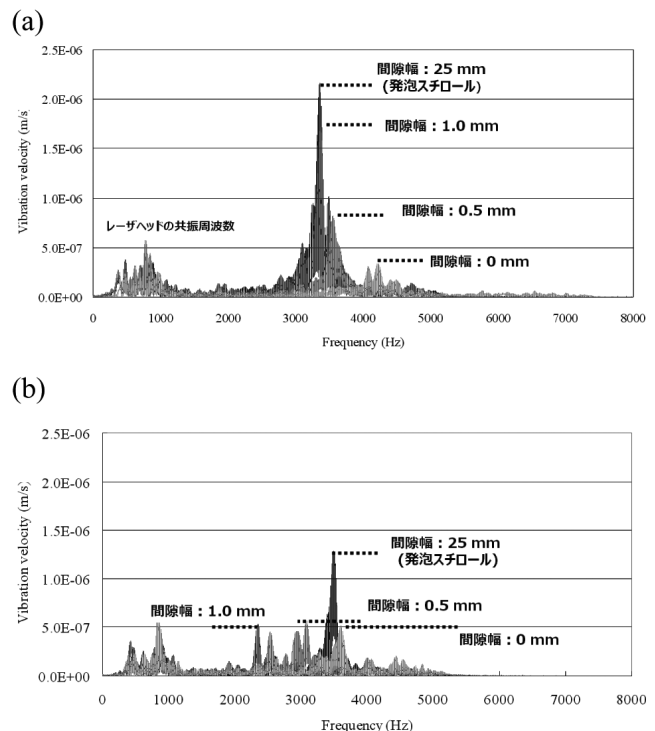
どを挿入せずに再度固定したものである。残りの1つは空洞の代わりとして厚さ25 mmの発泡スチロールを挿入したものである。埋設後の各試料のひび割れの深さは25 mm程度、欠陥寸法は $100 \times 200 \text{ mm}^2$ となる。加えて $\phi 150 \times 300 \text{ mm}$ の円柱状テストピースを用いて製作したはく離モデルもそれぞれ4種類上記の手順により用意した。この試料のひび割れ深さは50 mm、欠陥寸法は $150 \times 300 \text{ mm}^2$ である。これらの試料を埋設したコンクリート供試体($200 \times 150 \times 30 \text{ cm}^3$)を製作して実験に使用した(図一7参照)。実験セットアップ自体は前節と同じである。



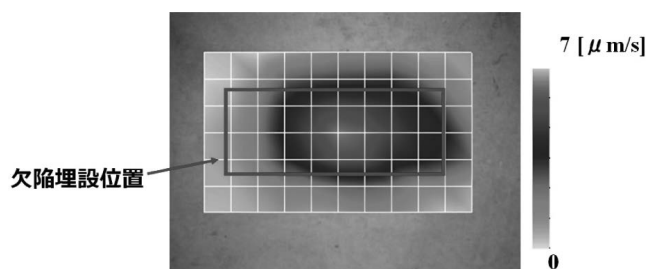
図一7 剥離欠陥モデルを埋設したコンクリート供試体

5.2 剥離欠陥モデルの実験結果

欠陥部(埋設位置の中心)と、その周辺の健全部上の振動速度スペクトルを比較したものを図一8に示す。図一8(a)は深さ25 mm、欠陥寸法 $100 \times 200 \text{ mm}^2$ のものである。図中の発泡スチロールおよび間隙幅1.0 mmでは3.5 kHz周辺で明確な応答が見られる。0.5 mmと0 mmにおいてもピークが確認出来るが、発泡スチロールと間隙幅1.0 mmのものに比べると振幅が小さい。これは設定間隙幅が狭くなったため、割裂したテストピース間の接触面積が増加していることが影響していると考えられる。図一8(b)は深さ50 mm、欠陥寸法は $150 \times 300 \text{ mm}^2$ の結果である。図一8(a)と比べると欠陥自体が深いため、全体的な振幅は小さいが、図一8(a)と同様に間隙幅0 mmのものであってもピークを確認することが出来る。これらの結果から、ここで示す剥離欠陥の広さと深さであれば、間隙幅が0 mmであっても、欠陥の有無については探查できることが分かった。なお、両グラフともに1 kHzで見られるピークはSLDV レーザヘッド自体の共振周波数である。また、図一9に間隙幅0 mm、深さ50 mm、欠陥寸法 $150 \times 300 \text{ mm}^2$ の割裂試験体に対する非接触音響探查法による探查結果例を示す。図より間隙幅0 mmであってもわずかな空気層があれば本手法により検出可能であることがわかる。



図一8 各欠陥試料上での振動速度スペクトル
(a) 深さ25 mm、欠陥寸法 $100 \times 200 \text{ mm}^2$ 、
(b) 深さ50 mm、欠陥寸法 $150 \times 300 \text{ mm}^2$



図一9 間隙幅0 mmの振動速度分布図
映像化周波数: 3572 Hz, スキャンポイント数 77 (7 × 11)

6. 振動エネルギー比を用いた欠陥検出

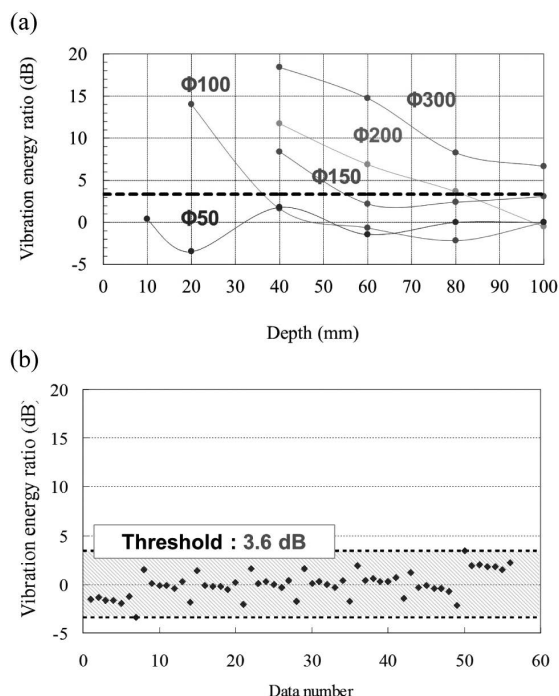
6.1 振動エネルギー比の定義

実際のコンクリート構造物に見られる欠陥の形状は深さや大きさも一様ではなく複雑であるため、したがって検出される振動速度スペクトルも、前節の剥離欠陥モデルの試験結果同様に複数のピークをもつことが考えられる。そのため、欠陥検出アルゴリズムとして単一のピークを検出するというだけでは不十分である。しかしながら、欠陥部が振動した場合には健全部に比べて振動エネルギーが大きくなることが考えられるため、ここでは健全部を基準とした振動エネルギー比を用いた欠陥検出を考える。ある周波数範囲での振動速度のパワースペクトルの和を振動エネルギーに対応する値であると考えて、振動エネルギー比を(2)式のように定義する。ここで、 ω は角周波数を表す。

$$VER = \frac{\int_{\omega_1}^{\omega_2} (X_{defective_part}(\omega))^2 d\omega}{\int_{\omega_1}^{\omega_2} (X_{health_part}(\omega))^2 d\omega} \quad (2)$$

6.2 振動エネルギー比による欠陥検出の検討

実際に昨年度の円形欠陥モデル供試体の場合に、振動エネルギー比を適用した結果を図—10 (a) に示す（現状では1 kHz 以下に存在するSLDVの共振周波数のノイズが完全に取り切ることが出来ないため、ここでは f_1 を1.35 kHz、 f_2 を8 kHzとしている）。図より半径がそれなりの大きさ（200 ϕ ～ 300 ϕ ）であれば、広い範囲（40 mm ～ 100 mm）で、振動エネルギー比と欠陥深さが反比例していることがわかる。この事実は振動エネルギー比により欠陥深さが推定できる可能性があることを示している。図—10 (b) に健全部同士の振動エネルギー比を示す。健全部同士のエネルギー比の計算は、昨年度製作した円形欠陥モデル供試体中の8点で計測された健全部のデータのすべての組み合わせで行った。これら健全部同士の振動エネルギー比のばらつきの上限と下限である ± 3.6 dBを欠陥判定の閾値とすると、 ϕ 200 mmでは80 mm程度の深さまで検出可能であることがわかる（図—10 (a) の点線が閾値である3.6 dBを示す）。



図—10 振動エネルギー比の計算結果
(a) 円形欠陥部上, (b) 健全部同士

7. 実コンクリート構造物での検出結果例

7.1 ボックスカルバート

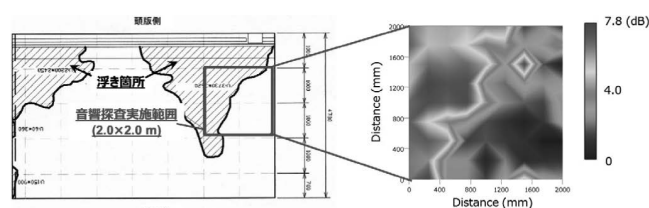
探査対象とした北陸自動車道のボックスカルバートを図



図—11 ボックスカルバートでの実験風景

—11に示す。探査対象としたのは塩害が特に進展していると思われる海側側壁である。

叩き点検結果および非接触音響探査法による振動エネルギー比の映像結果を図—12に示す。図中に示された地表面から高さ1.7 mの赤枠のエリアを対象とした。1回の測定規模は1.0 × 1.0 m程度とし、4エリアに分け測定した。1エリアのスキャンポイント数は5 × 5ポイントである。音源から対象面までの距離は4 m程度である。床および天井面反射による干渉を抑えるため、床面から音源の高さは2 mと設定した。SLDVのレーザヘッド位置も同様な距離、高さに設定し、良好な受光感度を得るため、各測定エリアに対し正対させている。送信波形は広帯域トーンバースト波である（持続時間3 ms、変調インターバル200 Hz、パルス間インターバル50 ms、開始—終了周波数1500-6500 Hz、コンクリート表面での音圧は100 dB程度）。加算平均回数は1点につき10回とした。

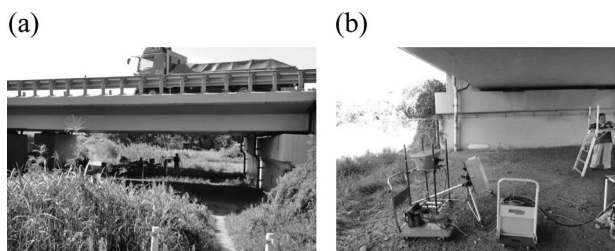


図—12 叩き点検 (右) および非接触音響探査法 (左) による調査結果 (斜線部: 浮き)

振動エネルギー比の基準となる健全部のデータは、今回測定された全スキャンデータの中から、最も振動エネルギーが小さい物を用いた。図から、海側に比べ、陸側の側壁の方が高いエネルギー比を示している。健全部とのエネルギー比4 dBを欠陥判定の閾値とすると、図中の左半分はほぼ欠陥部と判定される。叩き点検において浮きと判定された部位と音響探査法によりエネルギー比が高く判定された部位は非常に近く、音響探査法の探査精度は叩き点検と近い性能を有している事が確認出来る。

7.2 RC 床版

探查対象とした RC 床版のある橋梁の外観を図—13 に示す。実験日は特に車両規制等はなく、トラック等が走行している状態で行った。探查対象としたのは塩害が特に進展していると思われる海側の RC 床版(図—13(a)中奥側)で、床版は図—13(b)に示すよう下面側から計測した。1回の測定規模は $0.6 \times 0.6 \text{ m}^2$ 程度とし、これを延長方向に繰り返し、合計9エリア測定を行った。1エリアのスキャンポイント数は 6×5 ポイントである。音源から対象面までの距離および SLDV から対象面までの距離は 2 m および 2.2 m である。送信波形は広帯域トーンバースト波である(持続時間 3 ms, 変調インターバル 200 Hz, パルス間インターバル 50 ms, 開始—終了周波数 500-5500 Hz, コンクリート表面での音圧は 100 dB 程度)。点数が多いため、測定速度の効率を考慮しパルス間インターバルは 50 ms と通常の半分に設定した。出力時の音圧は 100 dB 程度である。加算平均回数は 1 点につき 10 回とした。対象面までは 3 m と、簡便な足場があれば手の届く高さであったため、この時マイクロホンを用いた打音法による計測も比較用に実施した。

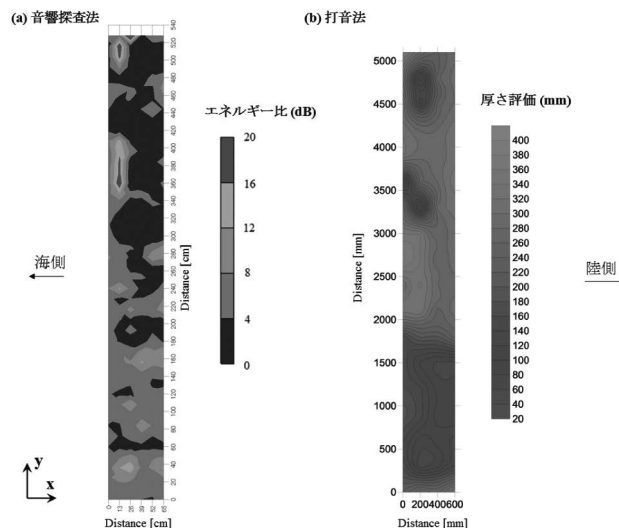


図—13 実験風景 (a) 橋梁外観 (b) セットアップ

図—14 に探查結果を示す。非接触音響探査法の結果は振動エネルギー比による評価を行った。基準となる健全部のデータは、今回測定された全スキャンデータの中から、最も振動エネルギーが小さい物を用いた。図—14(a)は音響探査法によるエネルギー比分布、図—14(b)は打音法による厚さ分布である。図—14(a)中のエネルギー比の高い位置(4 dB 以上)と図—14(b)の薄く判定された位置を比較すると、概ね位置関係が合致している事がわかる。

8. まとめと今後の課題

5 m 以上の遠隔からでもコンクリート構造物の非破壊検査が可能な非接触音響探査法の基本原理、コンクリート供試体および実コンクリート構造物を用いた検討を行った。最初に円形欠陥モデルを用いた実験結果より、5 m の離隔でも打音法と同様な探查性能を示していることが明らかになった。次にはく離モデルを用いた実験結果より、割裂幅 0 mm のひび割れであっても検出可能であることも明確に



図—14 RC 床版の探查結果例

(a) 音響探査法 振動エネルギー比分布, (b) 打音法 厚さ評価分布

なった。さらに主に実コンクリート構造物を用いた実験結果から、本手法がたたき点検法と同程度の精度で欠陥検出を実施可能であることが明らかになった。

以上より、本手法は打音法と同じたわみ共振現象を利用していることから、将来的には打音法に置き換わる標準的なコンクリート構造物の遠距離非破壊検査法として期待できるとと思われる。

謝 辞

本研究は平成 22-25 年度の国土交通省、委託研究「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」の助成を受けて行われたものである。

JCM/A

《参考文献》

- 1) Tsuneyoshi Sugimoto, Ryo Akamatsu, Noriyuki Utagawa and Syuichi Tsujino : Non Contact Long Distance Exploration Method for Concrete using SLDV and LRAD, J. Acoust. Soc. Am, 131 (4) : p.3462, 2012
- 2) 赤松亮, 杉本恒美, 歌川紀之, 辻野修一: 長距離音響発生装置を用いた非接触欠陥検出法の検討, コンクリート構造物の非破壊検査, Vol.4, pp.31-36, 2012
- 3) R.Akamatsu, T.Sugimoto, N.Utagawa, and K.Katakura : Proposal of Non-Contact Inspection Method for Concrete Structures, Using High-Power Directional Sound Source and Scanning Laser Doppler Vibrometer, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.52, 07HC12, 2013
- 4) 日本機械学会編: 機械実用便覧(改訂第6版), 丸善(株), 東京, 2006.9
- 5) K.Katakura, R.Akamatsu, T.Sugimoto, and N.Utagawa : Study on detectable size and depth of defects in noncontact acoustic inspection method, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.53, 07KC15, 2014

杉本 恒美

桐蔭横浜大学大学院

歌川 紀之

佐藤工業(株)技術研究所

片倉 景義

明篤技研

部 会 報 告

除雪機の変遷（その6） 除雪トラック（2）

機械部会 除雪機械技術委員会

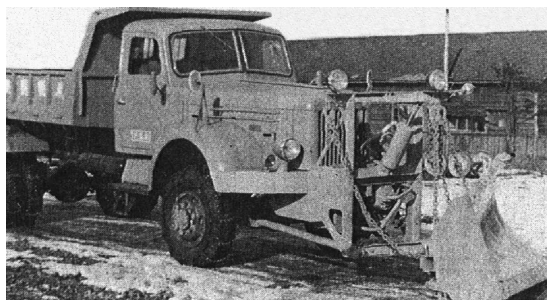
以下に主要な除雪装置であるスノープラウ、トラックグレーダ、サイドウイングの変遷を年代順に述べる。スノープラウは、除雪トラックの主要な除雪装置であり、種類も多い。

3-4 スノープラウの変遷

3-4-1 昭和30年代

昭和34年から37年、北海道開発局建設機械工作所において、種々のワンウェイプラウが製作された。これらは、除雪幅、全幅、左右振り分け、アングル角、切削角や曲面の形状などを変更し、高さや排雪部形状についても、高い雪堤を越える際の排雪性能や運転室への飛雪状況などを勘案して寸法・形状を試行したものである。

昭和34～40年、北海道開発局において開発された7t車の懸架装置は、チェーン吊り上げ式で、プッシュフレームを前軸からプッシュバーにて支持する構造であった。

写真 3-27 昭和34～40年に使用された7t車の懸架装置 北海道開発局¹⁾

昭和34～40年、北海道開発局においてワンウェイプラウのデフレクタ（プラウ上縁に付けられた庇状の板で、排雪を前に落とし飛雪煙を防止する役目をする）は、スプリングによって取り付けられていたが、除雪体制の完備、道路改良の進歩、吹き溜まり箇所の突破作業の減少から、昭和41年にスプリングを廃止して固定型デフレクタとなり、昭和42年にデフレクタは、廃止された。

その後、昭和50年に運転室への飛雪を防止するためプラウのモルドボード（前板）上部を前側に延長して被りを大きくし、昭和53年に除雪トラックシャシ

写真 3-28 スプリング付デフレクタ 北海道開発局 昭和34～40年¹⁾

がボンネットタイプからキャブオーバタイプになったことでプラウと運転室の距離が近づき飛雪条件が変わったため、デフレクタは再び採用されるようになった。

昭和34～40年、北海道開発局において10t車の懸架装置は緩衝用スプリングボックスを備えたチェーン吊り上げ式であった。懸架装置のプッシュフレームを前軸から支持するプッシュバーは昭和37年からスプリング付きに変わったが、昭和41年にフレームが補強されたため廃止された。

写真 3-29 昭和44年頃までの10t車の懸架装置 北海道開発局¹⁾

昭和36年、北海道開発局建設機械工作所において種々のワンウェイプラウを架装した7t級、10t級除雪ダンプトラックについて、実用及び各種試験が実施された。高速除雪を行えるため除雪能力の高さは認められたものの、フレームの曲がりや亀裂などの強度不足が指摘された。

昭和37～46年まで、旧建設省東北地方建設局塩釜工作事務所において7t用プラウが製作された。

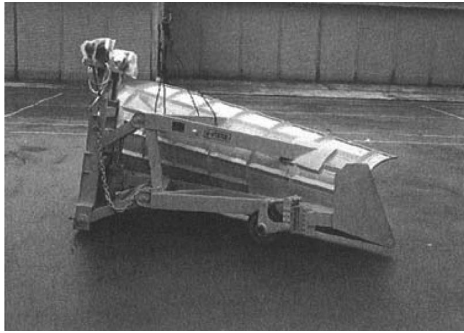


写真3-30 ワンウェイプラウ (7t用)²⁾
(昭和37年, 旧建設省東北地方建設局塩釜工作事務所において製作)

昭和38年, ワンウェイプラウの破損, シャシフレームの曲り発生に対して, 自動車メーカーにフレームの補強が要請された。また, ワンウェイプラウの破損, シャシフレームの曲り発生, 堆積した雪の崩れから除雪幅は, 2.7 m に減寸され, プラウ左右振り分け幅が適正化された。

昭和39年, 自動車メーカーによるフレームの補強が実施され, 除雪トラックの前輪許容限度荷重が, 6 t となった。

また, 北海道開発局建設機械工作所において, 7 t 級除雪ダンプトラックのフレーム前部の応力が測定された。

3-4-2 昭和40年代

昭和41年, 自動車メーカーにより補強フレームの改良が行われた。

昭和42年に, ワンウェイプラウの幅についてトラックグレーダの除雪幅との関連でプラウ除雪幅が, 2.85 m とされ, 昭和52年までこの幅で製作された。

昭和53年, トラックグレーダの機構が後方反転式となり, 回送時の右振り分け寸法が増寸となったためプラウ除雪幅3.0 m, 全幅3.1 m となり, 全油圧式サイドウイングが付く10 t 車のワンウェイプラウの除雪幅が3.2 m, 全幅3.3 m となった。

輸入された路面整形プラウとしては, パイトルプラウ (昭和38年), サカイピータプラウ (昭和39年), シュミットプラウ (昭和40年) が挙げられる。これらの懸架装置は平行リンク式であった。パイトルプラウは, 障害物衝突時にスプリングにより保持されるカッティングエッジが, 退避し戻る。サカイピータプラウは, 3分割のブレードがスプリングに抗して押し上げ戻る。シュミットプラウは, プラウ自体が反転するものであった。

昭和39年に北海道開発局において, 建機形プラウが製作された。これは, 障害物衝突時にカッティング

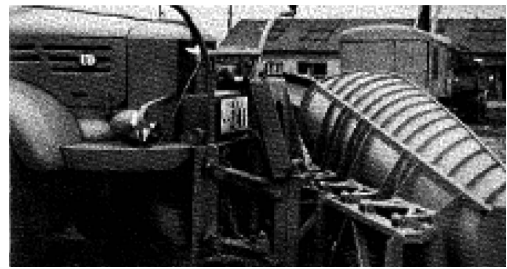


写真3-31 サカイピータプラウ 北海道開発局 昭和39年¹⁾

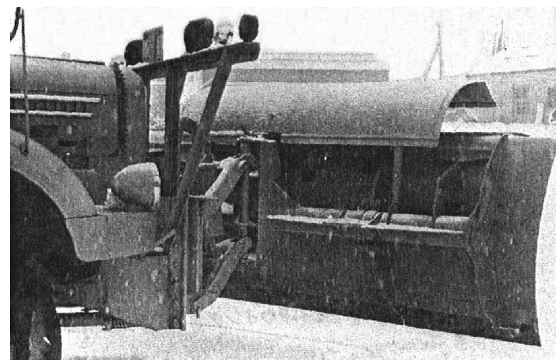


写真3-32 シュミットプラウ 北海道開発局 昭和40年¹⁾

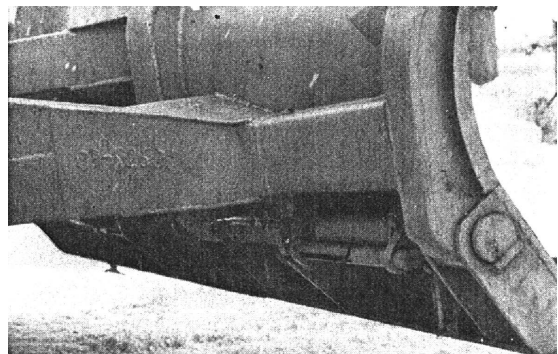


写真3-33 建機形プラウ 北海道開発局 昭和39年¹⁾

エッジが反転し, ねじりコイルバネによって復帰する構造であった。

建機形プラウ試作1号機の懸架装置は, フレーム前部を無負荷とするため運転席後部にある油圧ホイスต์により曲形アームに取り付けられたプラウを昇降させる機構であったが, 重量及び製作上の難点および自動車メーカーによりフレームが補強されたこともあり1台のみの試作で終わった。



写真3-34 建機形プラウ特殊懸架装置 北海道開発局 昭和39年¹⁾

昭和 41 年に北海道開発局において建機形プラウ試作 2 号の懸架装置が、製作された。これは、不等辺擬似平行特殊板ばねリンク式で油圧シリンダにより上部リンクを回転させて昇降する機構で、チルト機構付であった。

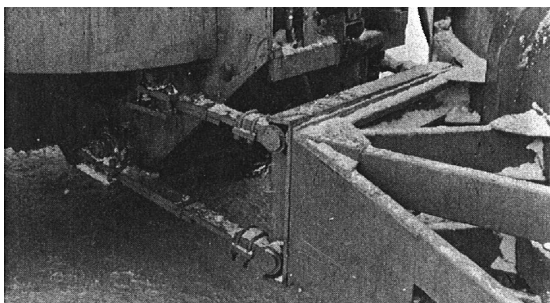


写真 3-35 板バネ製リンク外観 北海道開発局 昭和 41 年¹⁾

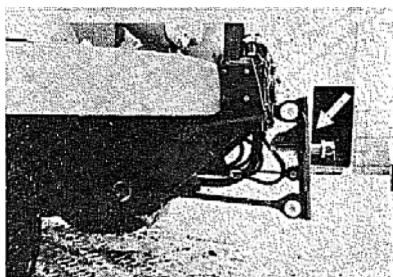


写真 3-36 チルト装置¹¹⁾

昭和 42 年に建機形プラウの路面整正能力を高めるため、前年製作の懸架装置からチルト機構が廃止された。

同年、北海道開発局建設機械工作所において、新雪作業、路面整正作業兼用の安全装置付のアングリングプラウが試作された。これは、新雪作業時（切削角 45 度）と路面整正作業時（切削角 45 から 60 度）に切削角を可変でき、過負荷時にリリーフバルブによりプラウが反転するものであった。路面整正プラウは上述の通り障害物衝突時の回避装置がついているため、



写真 3-37 切削角可変形アングリングプラウ 北海道開発局 昭和 42 年⁵⁾

普通のプラウに比べて重くなり、ピッチングが起こりやすく、路面整正時に押し付けると前輪荷重が過少となるため操縦安定性が低下する問題があった。その後、操縦安定性に与える影響が少ないトラックグレーダの普及により、プラウによる路面整正の必要性がなくなり、路面整正プラウは採用されなくなった。

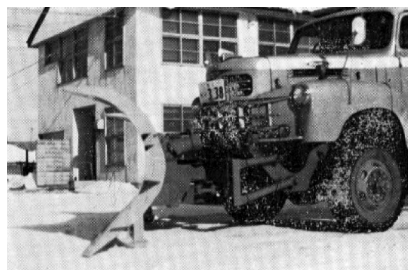


写真 3-38 切削角 45 度（新雪除雪状態）⁵⁾

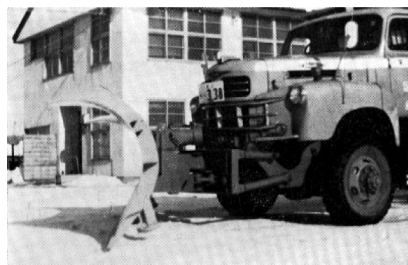


写真 3-39 切削角 60 度（路面整正状態）⁵⁾

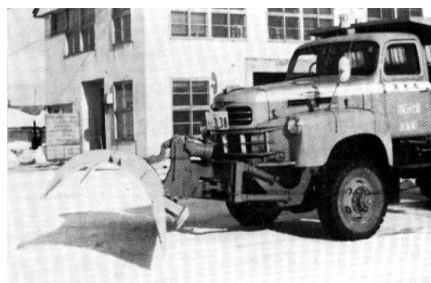


写真 3-40 安全装置作動（プラウ反転状態）⁵⁾

昭和 43 年、北海道開発局建設機械工作所においてアルミニウム製ワンウェイプラウが 1 台、ステンレス製ワンウェイプラウが 3 台試作された。アルミニウム製は軽量、耐食性があり塗装の必要性がなく、ステ

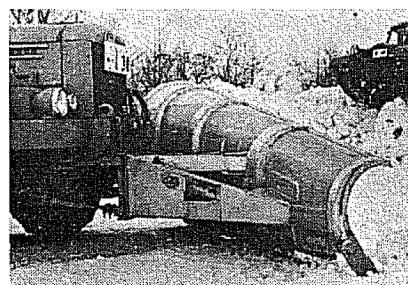


写真 3-41 アルミニウム製ワンウェイプラウ 北海道開発局 昭和 43 年¹⁰⁾

ンレス製は耐食性がよく、塗装の必要がなく、雪の流れも良好だったが、どちらもコストおよび修理の困難さから実用化されなかった。

昭和43年に、北海道開発局において、交差点などで雪を一時的にプラウ前面に溜めて前送りするために、シャッターをつけたものが試作された。

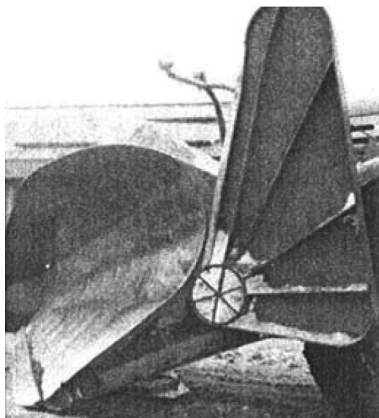


写真 3-42 ワンウェイプラウのシャッターを上げた状態 北海道開発局 昭和43年¹⁾

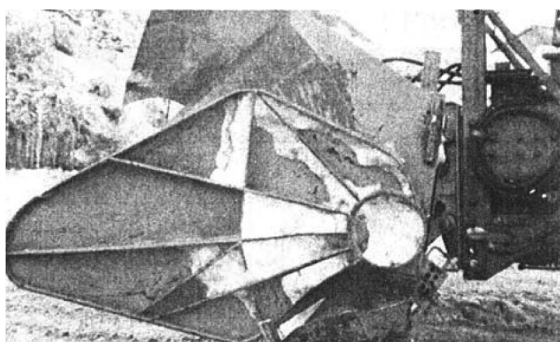


写真 3-43 シャッターを下げた状態 北海道開発局 昭和43年¹⁾

昭和45年、道路構造令が改正され積雪地域の道路幅員は除雪を勘案することとされた。

同年、(株)協和機械製作所は、スノープラウの不等辺擬似平行リンク式懸架装置のリンクを特殊板バネ製から現在の鋼管製とした。



写真 3-44 10t車懸架装置 北海道開発局 昭和45年¹⁾

昭和46年 岩崎工業(株)において、チェーン式プラウにバネ式の安全装置が開発された。

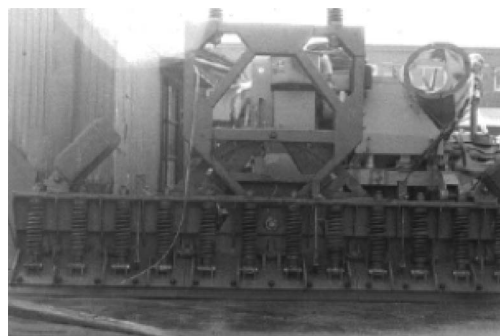


写真 3-45 バネ式の安全装置 昭和46年

昭和47年、(株)協和機械製作所において、シャープピン切断プラウ反転式安全装置が開発された。

同年、岩崎工業(株)において、チェーン式プラウの取付部に衝撃を緩衝するシャープピン、及び、障害物に衝突した際に上昇する安全装置が開発され、福井県、石川県、富山県及び、日本道路公団に納入された。



写真 3-46 チェーン式プラウ取付部の安全装置 昭和47年

昭和48年、(株)協和機械製作所において、安全装置(シャープピン切断プラウ反転式)付の投雪形アングリングプラウが開発され、北海道開発局に納入された。

昭和48年、(株)協和機械製作所において、広い除雪幅を有する空港用大型プラウが開発された。エッジは、硬質ウレタンエッジで、車輪式シューを装備していた。



写真 3-47 投雪形アングリングプラウ 北海道開発局 昭和48年¹⁾

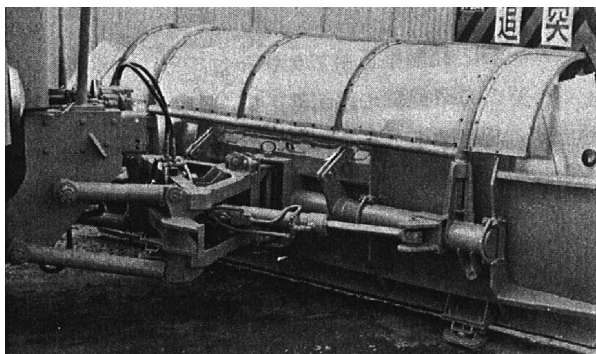


写真 3-48 投雪形アングリングプラウのシャーピン切断プラウ反転式安全装置¹⁾



写真 3-49 空港用大型プラウ 昭和 48 年



写真 3-50 高雪堤用プラウ 昭和 48 年



写真 3-51 高雪堤用プラウ 昭和 48 年

同年、岩崎工業(株)において高雪堤用プラウが開発され、性能調査が実施された。

昭和 49 年 岩崎工業(株)にてスノープラウのエッジ反転式安全装置が開発され、シャーピンがプラウ前面に配置され、交換が容易になり除雪作業の安全性向上に寄与した。



写真 3-52 シャーピン式安全装置 昭和 49 年

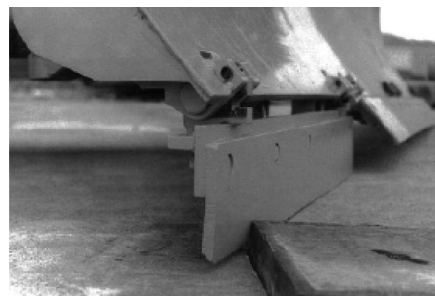


写真 3-53 シャーピン式安全装置作動状況 昭和 49 年

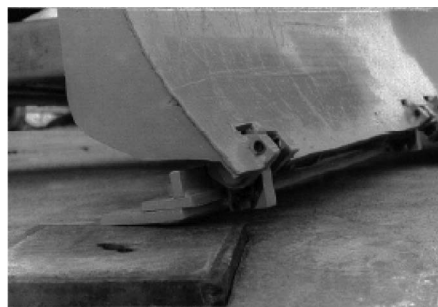


写真 3-54 シャーピン式安全装置作動状況 昭和 49 年

3-4-3 昭和 50 年代

昭和 50 年に北海道開発局の依頼により、(株)協和機械製作所は、ワンウェイプラウによって運転席への飛雪を防ぐため、プラウ上部の前方への被りを大きくした。

昭和 53 年、(株)協和機械製作所において、後述の切削角調整可能な後方反転式トラックグレーダと回送時の幅を整合させるため、除雪幅 3.0 m、全幅 3.1 m、刃先角 55°、背面角 47°、切削角 45°のワンウェイプラウが開発された。このプラウは北海道開発局におけ

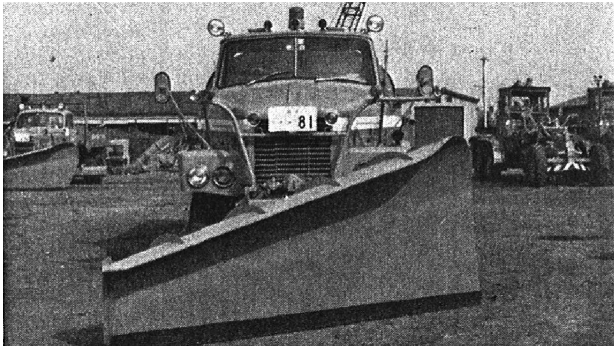


写真 3-55 昭和 50 年以前のワンウェイプラウ 北海道開発局¹⁾



写真 3-56 昭和 50 年以後（かぶりが大きくなった）ワンウェイプラウ 北海道開発局¹⁾

る現在までの 7t 車用標準プラウとなった。また、運転室への飛雪を防止するためゴム製のデフレクタが取り付けられた。10t 車のワンウェイプラウは後述の全油圧式サイドウイングの採用年から除雪幅が 3.2 m、全幅 3.3 m となった。

昭和 53 年、(株)協和機械製作所において、回送時に両端を折りたたみ狭小化可能な高速道路用大型アングリングプラウが開発された。



写真 3-57 高速道路用両端を折りたたみ狭小形大型アングリングプラウ 昭和 53 年

昭和 53 年度から旧建設省北陸地方建設局で、プラウ整形板により雪を側壁部に押しつける雪堤整形装置付プラウが調査試作された。

昭和 54 年 岩崎工業(株)において、進行角を変化させ

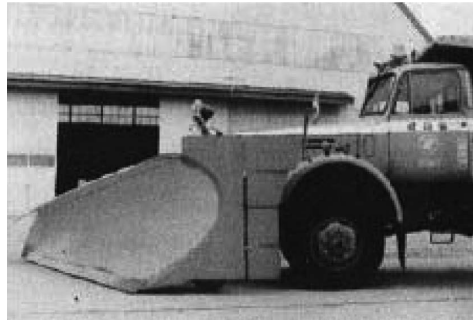


写真 3-58 雪堤整形装置付プラウ 北陸地方建設局 昭和 53 年³⁾



写真 3-59 進行角可変縮小型プラウ 昭和 54 年

て除雪幅を変更する、暫定 2 車線高速道路用プラウが開発された。

昭和 55 年 岩崎工業(株)において、左端部にエッジ反転式安全装置を有したワンウェイプラウが開発され、旧建設省東北地方建設局に導入された。



写真 3-60 左端部安全装置付きワンウェイプラウ (7t 用)²⁾

昭和 56 年 旧建設省北陸地方建設局北陸技術事務所と岩崎工業(株)でチェーン式プラウの簡易脱着装置を開発し、各種作業車へのスノープラウの取り付けを簡易化し、除雪機械の効率的運用に大きく寄与した。

昭和 57 年、北海道開発局の依頼により、(株)協和機械製作所は、後方反転式トラックグレーダと後前軸上に取付けの全油圧式サイドウイングとの作業幅を整合させるため、除雪幅が 3.2 m、全幅 3.3 m のワンウェイプラウを開発し、10t 車用の標準ワンウェイプラウとした。

昭和 57 年 旧日本道路公団の依頼により、岩崎工業(株)は、リンク懸架式プラウのワンタッチ着脱装置を開

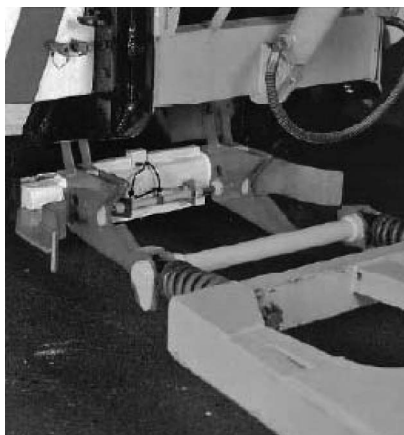


写真 3-61 チェーン式ブラウの簡易脱着装置



写真 3-62 昭和 57 年以後の 10t 車用ワンウェイブラウ 北海道開発局

発し、これにより薬剤散布車、散水車へのスノーブラウの取り付けを簡易化し、除雪機械の効率的運用に大きく寄与した。

昭和 58 年 岩崎工業(株)は、シャープピン自動装填装置を開発し、これによりシャープピン交換が、簡略化され、除雪トラックの効率的な運用に大きく寄与した。これ

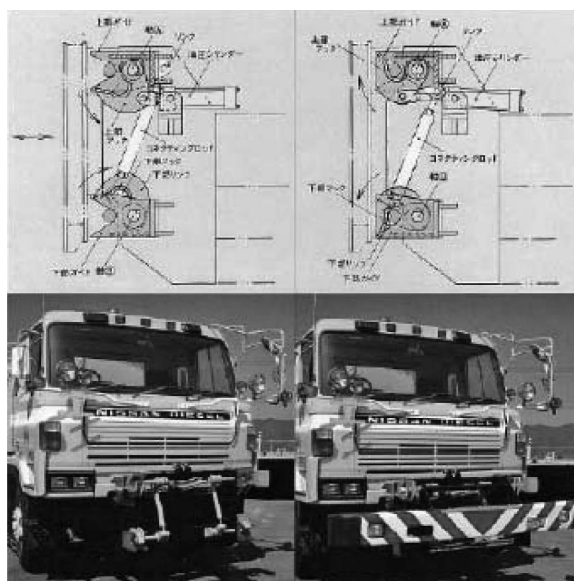


写真 3-63 ブラウワンタッチ着脱装置 昭和 57 年

は、シャープピンが破断した時、ストックされている新しいシャープピンが自動的に元のシャープピンの位置に供給される機構である。

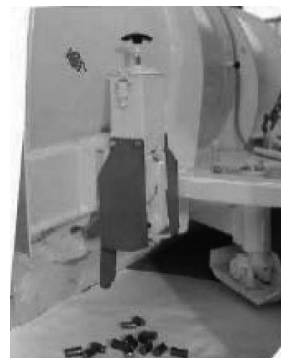


写真 3-64 シャープピン自動装填装置 昭和 58 年

昭和 59 年 旧日本道路公団と岩崎工業(株)により、中央分離帯に堆雪した積雪を処理する中央分離帯処理ブラウおよび、中央分離帯処理装置が開発された。本装置は豪雪の際、中央分離帯上の除雪ができず、堆積した雪が車線上に崩れ交通障害となるため、中央分離帯上の除雪を行うものである。写真 4-39 は専用ブラウ型で、写真 4-40, 4-41 はワンウェイブラウに取り付けられたもので、写真 4-40 は回送姿勢、写真 4-41 は作業姿勢である。

昭和 59 年、(株)協和機械製作所は、ワンウェイブラウ、V プラウの投雪制御装置を開発し、翌年より納入を開始した。これは、人家連担、道路構造物（高速道路の



写真 3-65 中央分離帯処理プラウ 昭和 59 年



写真 3-66 中央分離帯処理装置（アタッチメント型、回送姿勢） 昭和 59 年



写真 3-67 中央分離帯処理装置（アタッチメント型，作業姿勢）昭和 59 年

非常電話など）への飛雪の影響を排除するため，排雪が遠くへ飛ばないように制御するものである。

J C M A

《参考文献》

- 1) 北海道開発局における除雪機械の変遷 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
- 5) 技建報 VOL.4 No.41 北海道開発局建設機械工作所
- 10) 昭和 43 年度編纂 北海道開発局 道路除雪機械の技術経緯 昭和 44



写真 3-68 ブラウ用投雪制御装置 昭和 60 年

年 北海道開発局建設機械工作所

- 11) 第 33 回（平成元年度）北海道開発局技術研究発表会 講演概要集（1）平成 2 年 2 月（財）北海道開発協会



部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 2/WG 22 (ISO 17757 土工機械—自律式機械の安全)
2014 年 9 月 オーストラリア連邦パース市国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家 (Expert)

遠嶋 雅徳 (コマツ)

2014 年 9 月に国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) 傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 2/WG 22 (ISO 17757 自律式機械の安全) 会議がオーストラリア連邦パース市で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家 (Expert) として出席の遠嶋氏の報告を紹介する。

- 1 会議名：ISO/TC 127/SC 1/WG 10 国際作業グループ会議
- 2 開催日：平成 26 年 9 月 18 日 (木)～9 月 19 日 (金)
- 3 開催地：オーストラリア連邦パース市 Pan Pacific ホテル

4 出席者 (敬称略)：

(登録専門家) SA オーストラリア 1 名：Chiris Doran (Anglo American 社), ANSI 米国 9 名：Dan Roley, Ken Stratton, Craig Koehrsen, Chuck Crowell (CATERPILLAR 社), Steven Uhrich, Ty Hartwick (Vermeer 社), Jan Wei Pan, Troy Canalichio (Liebherr 社), John Williamson (Komatsu America 社), JISC 日本 1 名：遠嶋雅徳 (コマツ), ISO 中央事務局 1 名：Stephen Kennedy (WebEx で参加), 計 12 名

(オブザーバ) (二日間通して出席したのは Boulton 氏と角氏のみ)：Peter O'Loughlin (DMP : Department of Mines and Petroleum 西オーストラリア州政府鉱山局), Martin Boulton (Minera Mining Technology), Tim Skinner (Global Mining Standards and Guidelines Group), 角 和裕, Burt Genson (Komatsu Australia 社), Paddy O'Loughlin (Komatsu America 社), 他 2～3 名, 計数名

・ISO 17757 プロジェクトリーダー PL 兼 ISO/TC 127/SC 2/WG 22 コンビナー (主査)：前記 Dan Roley 博士

会議結果概要：現在 WA (西オーストラリア州) の DMP (Department of Mines and Petroleum) と主要な鉱山会社 (BHPB, RioTinto 等) が中心となって鉱山での Autonomous System の運用に

ついで標準の策定が進められている。WG 前日の 9/17 に同じ会場で、その策定会議の主要メンバーと ISO 17757 WG と共同でワークショップが行われ、互いの情報交換が行われた。ワークショップでは、DMP 作成の以下の 2 通の案文の内容が紹介された。

“Code of practice : Safe mobile autonomous mining in Western Australia”

“Guideline : Introduction of mobile autonomous system to mining operations”

ISO/TC 127/SC 2/WG 22 のコンビナーである Dan Roley 博士は、DMP と歩調を合わせて、顧客視点の内容を織り込んで ISO 17757 の内容をより良いものにしようと考えている。

WG では、最初に Dan Roley 博士から ISO 17757 の規格名称を Autonomous machines から Autonomous System とするべきという提案があった。その上で、現在の ISO 17757 の案文の章立てを次のように整理し案文を再構成した。さらに、これまで各社 (国) から出された案文の意見を検討した。大方議論は尽くされたので、最終案文を作成するため、現在の WG から数名を Editing グループとして選抜し、投票に向け、短期間で案文を作成するという方針となった。

〈整理された箇条 4 (安全要求事項及び／又は保護手段) の章立〉

- 4.1 General - block diagram
- 4.2 Overall Design (Support infrastructure/barrier system 等)
- 4.3 Onboard System (Electrica/Brake/Steering/Positioning/Machine Perception)
- 4.4 Communication/Network (Site communication/Network configuration)
- 4.5 Site Supervisory System (fail safe with power loss/control room, office system)
- 4.6 Operation (Training/Operations)

〈Editing グループメンバー〉

Dan Roley, Ken Stratton, Chuck Crowell (Caterpillar 社), Steve Uhrich (Vermeer 社), Troy Canalicchio (Liebherr 社), John Williamson (Komatsu America 社), Peter O'Loughlin (DMP)

【今後の予定】

- ・ Editing グループによる打合せ, 2014/9/29 米国ピオリア
- ・ Editing グループによる案文作成期限 2014/11/1
- ・ WG による検討 (ここで WD の完成) 2014/12/1 まで (WG メンバーは Web での編集はせずに, ISO のコメント様式 (テンプレート使用) で Roley/Kennedy に送付のこと)

以下, その後の ISO 発行までの見込み日程

- ・ WD 投票 2015/1/1
- ・ WG 会議 2015/3/10 場所は未定 (Vancouver?)
- ・ CD 投票 2015/5 (オプション)
- ・ DIS 準備に向けた WG 2015/9 or 10
- ・ DIS 投票 2015/11
- ・ 発行 2016 年中頃

5 審議内容: 以下に会議での主な議論点を示す。

〈WA の標準化について〉

既に案文ができているので統合するべき。

ただし, 現場毎に, 運用面では独特の面があるので, WA の要求だけで標準化していいのか注意が必要。オーストラリアは常に先を行っているのは確か。

〈適用範囲〉

ISO 6165 で定義していない機械 (ドリル等) にも適用するべき。

〈運用〉

・ 検証

基準があれば, それに従った試験をするべき, 基準がなければリスクアセスメントにしたがって試験やシミュレーションを行う。試験方法がなければ, シミュレーションしかない場合もある。

・ 危険源のリスト

(案文に示されたリストで) これで全部か? 基本は ISO 20474 で, Autonomous 特有のものを追加する形でいいのでは

・ ヒヤリハットの報告

通常の有人運転でも報告されなければならないという決まりがある。運用の話であり, 何を報告するかまで標準化する必要はないのではないか。内容については指針が適当では。

・ 教育

そもそも教育は無人に限らず必要。資格のない人は機械を操作できない。

機械の製造者としての責任は教育に必要な, 文書, 取扱説明書, リスクアセスメントの提供だろう。

〈システムブロック図〉

CATERPILLAR 社の Stratton 氏が作成。

〈測位〉

- ・ システムが機械の位置を認識する, という意味で Track という言葉が使われているが, Track (追跡する) という言葉の定義について, ひとしきり議論があった。英語圏でも国によってニュアンスが違う模様。鉄道で使うことが多い, という意見もあった。
- ・ 位置計測や通信機器が搭載されていない車両はエスコートされることで Track できる。
- ・ シャットダウンした車両は Track される必要があるか?
- ・ 技術が進歩すれば, Perception System で互いの位置を知れば十分で, 通信を前提とした Track は不要では, という意見もあった。

〈かじ取り〉

- ・ 二次かじ取り装置の意義について議論。また, 坑内機械には適用しない, となっているが, 案文 (当該部分) 作成者である Sandvik 社の担当者が欠席だったため, 理由が良く分からない。
- ・ 非常かじ取り装置で音響警報装置は必要か, 伝える運転員は誰か, 等議論された。Editing グループの John Williamson 氏が整理することになった。

〈Perception〉

- ・ コマツからいくつか修正コメントが出されていたが, それは理解された。全体的に今の書き方は ISO の様式になっていないので, 書き直しされる。最終案文でのチェックが必要。
- ・ ISO 16001 を参照するべきか, という意見があったが, Chuck Crowell 氏より ISO 16001 では異なる技術によって対象物 (被験体など) が違うのはどうかという指摘があり。

〈通信プロトコル〉

- ・ プロトコルは標準化すべきかという問題提起があり。確かに, 一つの現場で稼動する異なる機械は共通のプロトコルである必要はある。

〈通信チェック, QoS (Quality of Service)〉

- ・ QoS について定義が曖昧という指摘。通信チェックは必要だが, これもシステム次第なので if

requiredを着けたらどうか,ということになった。
〈モードランプの色〉

- ・全員, 総論としてモードランプの色は統一するべきという意見。例えば, トラックの自動モードは黄色で, ドリルの自動モードは青, というのは現場が混乱する。しかし, どの色がベストか, という点では意見が一致しない。また, 色覚異常のオペレータのことを考えると, 色ではなく, ランプ高さで区別するべきでは, という意見もあった。

なお, 現時点ではCATは青色, コマツは黄色, がそれぞれ自動モードを意味している。これはそのまま, それぞれのシステムを導入しているBHPB, RioTintoの違いにもなっている。

欧米では警察車両が青を使うが, これも緊急時という印象があるので, 果たして自動モードとして青が適切かという意見もあった。既にオーストラリアではAS4240 (Remote controls for mining equipment) で遠隔操作時の色を規定しているという話もあり, CATERPILLAR社のChuck Crowell氏が他のStandardでどのように規定されているかを調べることとなった。

〈Barrier system〉(立ち入り規制システム)

- ・本文には概要だけとして, 現在の内容は附属書とする。

J C M A



部 会 報 告

千住関屋現場見学会

建設業部会

1. はじめに

建設業部会主催の機電技術者の若手現場見学会が1月16日に千住関屋ポンプ所建設工事の現場において実施されたので紹介する。参加者は事務局を含め24名であった。

2. 工事概要

足立区千住地区の閑静な住宅街の中で、2つの大規模ケーソンを同時に沈設する国内初の工事が進んでいる。本工事は浸水対策用に建設する雨水ポンプ所の地下躯体築造工事で、ニューマチックケーソン工法が採用され、その掘削面積は2つ合わせて4903 m²と日本一の規模である。

3. 現場見学

最初に、施工を担当する大林組・大本組JVの小山工事長より工事概要とニューマチックケーソン工法の原理について説明を受けた。現在の沈設状況は西側ケーソンが39 m/53.8 m、東側ケーソンが36 m/50.1 mの深さまで進み、出来高は70%程度である。地元町会との協議により、作業時間帯の制約と工事用車両の入場規制があり、生コン車については搬入路の指定と時速15 km以下の速度制限を実施している。工事中の騒音対策も法規制以上の厳しい目標を立て実践し、地元への配慮は隅々まで徹底している。様々な環境対策が必要となる厳しい工事だが、これまで苦労した経緯を生き生きと説明していただいたのが印象的だった。

つぎにケーソン内部を遠隔操作する無人化施工の掘削管理室に案内された。作業室内は、合計24台のカメラを通じてモニター画面で管理され、酸素濃度や有害ガスも計測している。モニター画面を見ながら整然と掘削機を遠隔操作するオペレーターの熟練した技量に驚かされた。

現場に入ると、地中から延びる6基のマテリアルロックとタワークレーンに圧倒された。ちょうどマテリアルロックから土砂バケットを吊上げる作業中で、エア排出音を低減させる工夫を体感できた。掘削した土砂はダンプトラックで敷地内の土砂搬出設備に運び、垂直コンベヤーで船に載せ運搬している。ニューマチックケーソン工法では、作業室に圧縮空気を供給する送気設備、減圧症が発生した場合に症状を回復させるホスピタルロック、停電時の緊急発電機など多くの機械設備が必要となるため、管理する機電職員の役割と重要度がより高い現場だと痛感した。

4. おわりに

若手機電技術者を対象とした現場見学会は初めて開催されたが、30代前後の参加者はニューマチックケーソン工法を見るのが初めての人が多く、大変貴重で有意義な経験をさせていただいたという感想が多かった。とくに、掘削の無人化施工の様子はとても建設現場とは思えない、工場内での製造作業をイメージさせるもので、見学した機械設備はどれも興味深いものだった。最後に大変お忙しい中、丁寧に案内していただいた小山工事長並びに現場の方々にお礼申し上げます。

文責：機電技術者交流企画 WG



工事概要説明状況



掘削管理室（無人化施工）



土砂搬出設備状況

新工法紹介 機関連編集委員会

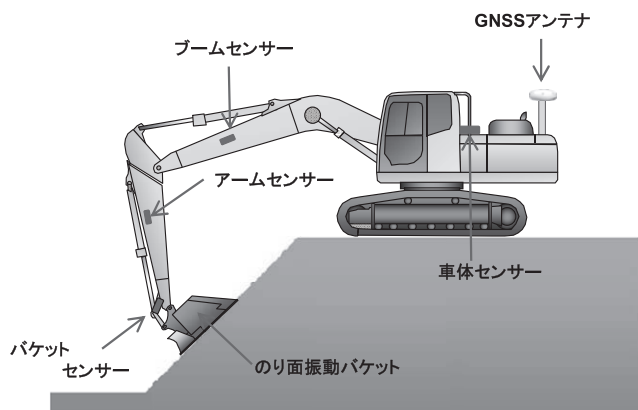
02-142	のり面締固め管理システム	三井住友建設
--------	--------------	--------

概要

盛土のり面は、降雨の浸透や侵食を防ぎ盛土本体の安定性を確保するために重要な役割を果たす箇所であり、設計断面を満足した上で十分な締固め作業を行うことが強靱な盛土構造物を構築するために重要となる。しかし、のり面の締固めは盛土本体に比べ狭隘な箇所の作業となるため、本体と同様の大型機械では施工できない。このため従来は、バケットによる土羽打ちまたは、小型締固め機械やバックホウの専用アタッチメント（のり面振動バケット）を用いた締固めを行っており、盛土本体のように品質管理の方法が確立されていなかった。

「のり面締固め管理システム」はGEOSURF ice シリーズ（ジオサーフ株式会社）をカスタマイズし、のり面整形に用いられる「マシンガイダンスシステム」と振動ローラの締固め管理に用いられる「GNSS 締固め管理システム」を融合させたものである。

GNSS 搭載のバックホウによりバケットの位置を測定、さらに振動バケットの稼動状況を計測することで設定したメッシュ毎の累積締固め時間を管理する（図—1）。締固め時間に応じモニターのメッシュの色を段階的に変化させ、色の変化を確認しながら所定の締固め作業を行う。モニターには現在のバケット位置と設計断面との差も表示されるためマシンガイダンスシステムとしての利用も可能である。締固め管理データや位置情報は事務所内の PC に蓄積され、のり面締固め管理帳票の自動作成が可能となる。



図—1 システム概要図

特徴

1. 定量的なのり面締固め管理の実現

締固めエネルギーを定量的に評価するため、今日まで管理方法が確立されていなかった盛土のり面の締固め管理ができる。

2. リアルタイムな統合管理

振動ローラの締固め管理システムと同様に、施工管理情報は運転席のモニターにリアルタイム表示されるため、施工不良による品質トラブルを未然に防止できる。また、ブルドーザマシンガイダンスシステムや振動ローラの締固め管理システムと連携できるため統合的な盛土管理を行える。

3. マシンガイダンス機能

姿勢監視センサーを搭載したバックホウを使用することで、バックホウのマシンガイダンスシステムとしての機能も有するため丁張作業が削減できる。

4. 品質管理帳票の自動作成

締固め管理データは事務所に設置した PC とデータ連携を行い蓄積される。蓄積されたデータを利用することでのり面締固め管理帳票を自動作成できる。



写真—1 施工状況

用途

・道路、宅地造成などの盛土工事

実績

・北海道横断自動車道 塩谷工事

問合せ先

三井住友建設㈱ 広報室

〒104-0051 東京都中央区佃 2-1-6

TEL：03-4582-3015 FAX：03-4582-3204

06-14	斜面舗装工事機械用 定張力油圧巻上装置	鹿島道路
-------	------------------------	------

▶ 概 要

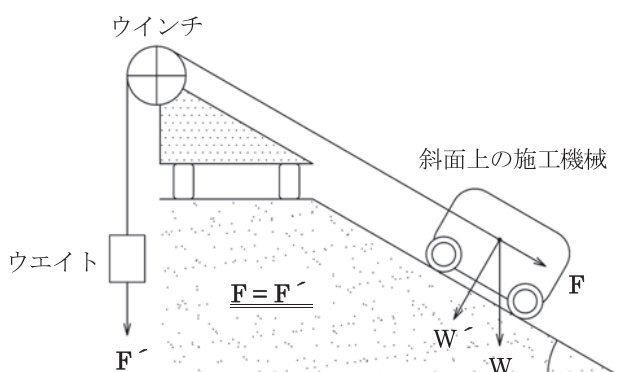
斜面上の施工機械のサポートシステムとして、安全を確保しつつ斜面上を上下方向に自由に移動できる定張力油圧巻上装置を開発した。

ダムや貯水池は遮水の目的で特殊な配合のアスファルト合材により緻密な舗装を行うが、施工場所が斜面上となる場合、施工機械の保持が問題となる。斜面角度が緩く、登坂・下降が安全に且つ自在にできる場合を除き、上部もしくは下部からのサポートが必要である。そのため、斜面角度がきつくなるに従い確実に保持をしなければならない。

この場合、ワイヤやロッドで固定してしまうと施工機械の自由度は制限される。例えば、ワイヤで巻き上げ装置（ウインチ）を用いて保持すると、施工機械の移動はウインチの巻き上げ・巻き下げ速度に拘束されるものとなり、施工機械自身の自由な移動を制約することになる。

そこで図—1の概念図に示すとおり、施工機械重量の斜面分力「F」と同じ力「F'」を滑車の先にウエイトで賄えば、施工機械は自力で自由に斜面上を移動することが出来る。

この発想から鹿島道路は、巻上装置である油圧ウインチのワイヤを斜面分力「F」に相当する張力で牽引し、それ以上の張力がかかるときは緩み、逆に緩んだ時はワイヤに斜面分力「F」が発生するまで巻き上げを行う「定張力油圧回路」を開発し、斜面補修工事に用いる巻き上げ機械「ウインチポータ」に搭載した。この機構により、斜面舗装工事での品質向上や工期短縮などに寄与している（写真—1, 2）。なお、「F'」は斜面上の機械重量、施工条件により、任意に設定することが可能である。



図—1 「定張力油圧回路」概念図



写真—1 「定張力油圧回路」を搭載したウインチポータ

▶ 特 徴

- ・斜面施工機械が安全を確保しつつ、自由に移動ができるため、水平な場所と同じ感覚で作業することが可能となる。
- ・サポート対象としてはさまざまな機械が選択可能であり、斜面舗装工事の施工品質の向上と工期短縮・コストダウンを図ることができる。

▶ 用 途

- ・斜面作業を行うさまざまな機械の、安全かつ自由な移動を可能とするサポート。

▶ 実 績

- ・調整池改修工事の斜面において、切削作業を行う小型切削機や切削後の清掃を行う小型スローバ、斜面舗装を行う小型アスファルトフィニッシャのサポート等。施工面積は約 10,000 m²。



写真—2 切削機作業現場写真

▶ 問 合 せ 先

鹿島道路(株) 生産技術本部機械部開発・設計課
〒112-8566 東京都文京区後楽 1-7-27
TEL：03-5802-8015

新工法紹介

04-354	トンネル地山評価システム (削孔検層システム)	鹿島建設
--------	----------------------------	------

概要

山岳トンネル工事において、安全に工事を進め安定した品質を確保するためには、地山に応じた適切な支保パターンを選定することが必要不可欠である。一般的に山岳トンネルでは、事前に行われる地表からの弾性波探査によって得られる弾性波速度分布に基づき支保パターンの設計を行い、施工時には目視を主体とした切羽観察によって支保パターンを選定している。特に、地質の変化が激しく地質不良部が点在するようなトンネルにおいては、支保の過大な変状や崩落を防止するために、施工中に切羽前方の地質を把握することがきわめて重要となる。

切羽前方地山の予測技術として代表的な「削孔検層システム」は、岩盤の削孔に要したドリルジャンボの仕事量に相当する『破壊エネルギー係数』を用いて地山の評価を行うものであるが、地山等級を評価する基準である『弾性波速度』や、切羽観察項目の一つである『圧縮強度』との関連性が明確ではなかったため、支保パターンを選定するためには活用が難しいことが課題であった。そこで、『破壊エネルギー係数』と『弾性波速度』『圧縮強度』との相関を明確にすることによって、切羽観察結果に客観的な地山等級予測を結び付け、支保パターン選定にまで活用できる地山評価手法を確立した(図-1)。

特徴(図-2)

①弾性波速度の予測

掘削の初期段階に、「削孔検層システム」と直接的に弾性波速度分布を把握できる「トンネル速度検層」を並行して実施・分析することで、『破壊エネルギー係数』と『弾性波速度』の相関関係を把握する。この相関関係を用いることで、削孔検層を実施するだけで、切羽前方の弾性波速度を把握することができ、弾性波速度から地山等級として評価を行うことができる。

②圧縮強度の評価

これまでに蓄積したデータと掘削初期の点載荷試験や打球探査などによるキャリブレーションにより圧縮強度を評価することができる。

③切羽観察評価での利用

切羽観察評価に際して、既開発の『タブレットPCを用いた風化変質判定システム』を併用することで、切羽観察項目のうち支保パターン選定のために重要となる『圧縮強度』と『風化変質』について客観的な評価が可能となる。

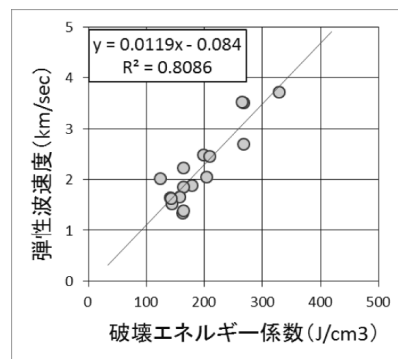


図-1 破壊エネルギー係数と弾性波速度の相関

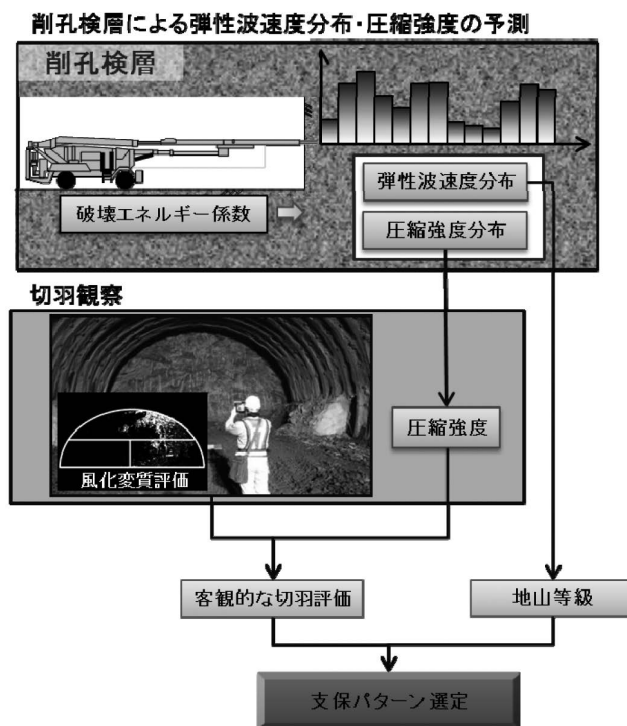


図-2 削孔検層による地山評価と支保パターン選定

用途

- ・山岳トンネルにおける前方地山の客観的な評価

実績

- ・宮崎 218 号 南久保山トンネル新設工事の到達側坑口部の補助工法の要否判定に適用

問合せ先

鹿島建設(株) 土木管理本部 土木技術部

〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11

TEL : 03-5544-0499

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈03〉 積込機械

14-〈03〉-10	コマツ ホイールローダ WA200-7	'14. 09 発売 モデルチェンジ
------------	---------------------------	-----------------------

オフロード法（*1）2011年基準に適合し、NO_x（窒素酸化物）とPM（粒子状物質）の排出量を従来機に比べて50%低減し、日本（特定特殊自動車排出ガス2011年基準）・北米（EPA Tier4 Interim）・欧州（EU Stage 3B）の排出ガス規制に対応している。独自の電子制御HST（*2）によりアクセル操作のみの車速コントロールにより、オペレーターの負荷の軽減を図っている。

また、大型ビラーレスROPS/FOPSキャブにより、良好な視界を確保し、安全性を高めている。

さらに、国内で初めてパワーラインの保証延長と無償メンテナンスを取り入れた、サービスプログラム「KOMATSU CARE（コマツ・ケア）」を提供している。これは購入時に自動的に付帯されるもので、トータルライフサイクルコストの低減を図っている。

表一 1 WA200-7 の主な仕様

運転質量	(t)	9.87
エンジン定格出力 ネット	(kW[PS])	94.0 [128]
バケット容量 ストックパイル用（BOC 付）	(m³)	2
最大掘起力	(kN[kg])	93.2 [9500]
全長	(m)	6.895
全幅（バケット幅）	(m)	2.55
全高	(m)	3.785
ダンピングクリアランス （45度前傾 BOC 先端まで）	(m)	2.76
ダンピングリーチ （45度前傾 BOC 先端まで）	(m)	1
最小回転半径（最外輪中心）	(m)	5.1
価格（工場裸渡し消費税抜き）	(百万円)	19



写真一 1 コマツ WA200-7 ホイールローダ
（一部オプションが含まれる）

*1. 特定特殊自動車排出ガスのNO_x（窒素酸化物）、PM（粒子状物質）排出量の規制等に関する法律。

*2. Hydro-Static Transmission（ハイドロスタティック・トランスミッション：油圧駆動変速機）

問合せ先：コマツ コーポレートコミュニケーション部

〒107-8414 東京都港区赤坂2-3-6

▶ 〈12〉 モータグレーダ、ロードスタビライザ、締固め機械およびソイルプラント

14-〈12〉-03	日立建機 マカダムローラ ZC125M-5	'14.11 発売 モデルチェンジ
------------	-----------------------------	----------------------

道路工事など様々な現場での転圧作業に使用されるマカダムローラについて、安全、環境への配慮と整備性の向上を図ってモデルチェンジしたものである。

特定特殊自動車排出ガス2014年基準に適合しているほか、国土

表一 2 ZC125M-5 の主な仕様

運転質量	(kg)	10,125
機械質量	(kg)	9,380
走行速度 低速	(km/h)	7
高速	(km/h)	15
最小回転半径	(m)	6.2
登坂能力	(%) (度)	47 (25)
締固め幅	(mm)	2,100
エンジン名称	クボタ V3307-CR-TE4B	
定格出力	(kW(PS)/min ⁻¹)	54.6 (74.2) /2,200
動力伝達	静油圧変速式2段	
タンク容量 燃料タンク	(L)	120
散水タンク	(L)	670
価格	(百万円)	11.80

注）単位は国際単位系によるSI単位表示。消費税別。



写真一 2 日立建機 ZC125M-5 マカダムローラ

新機種紹介

交通省の超低騒音型建設機械の指定を受けている。

階段になだらかな傾斜をつけたヒューマンステップにより乗り降りを容易にしている。赤外線を利用した、人物や障害物を検知する安全補助装置「後方ガードセンサ」を標準装備し、安全性能を確保している。

ポンプ詰まりが起こりにくいインペラ式散水ポンプ、ワンタッチで脱着可能な散水ノズルおよびノズル詰まり時の清掃性向上によりメンテナンスの負担軽減を図っている。

盗難予防装置として、テンキーロックシステムまたは電子キーロックシステムを選択できる。

問合せ先：日立建機(株)経営管理本部 広報戦略室 広報グループ
〒112-8563 東京都文京区後楽二丁目5番1号

14-(12)-04	三笠産業 バイプロコンパクター MVH-308/408/508	'13.10 発売 新機種
------------	---------------------------------------	------------------

転圧盤と起振体の低重心化によって振動エネルギーの伝達効率を向上させ走行性能が従来型比で10～20%向上したバイプロコンパクターである。

リヤカバーに内蔵したサイクロンブлекリーナーは、埃の少ない高い位置からエンジンに空気を吸い込むことによりメンテナンスの向上を図っている。

標準装備されたディーゼルエンジン専用のアワ・タコメーターは、バッテリーチェッカー機能を備え、作業回転数を瞬時に確認でき、かつエンジン停止と同時にアワメーターが作動するので、メンテナンス時期を管理する上で便利である。

オプション設定となる新制御方式のコンパスキットは、2個の加速度センサーを備え、LEDランプの点灯数でおよその路盤支持力を表示するので容易に周囲の支持力の平準化を図ることができる。

機械重量300kgから500kgの間で3機種設定することで、転圧現場のニーズに応じた転圧力を提供している。

表—3 MVH-308/408/508DSCの主な仕様

モデル	308DSC	408DSC	508DSC
機体寸法 L×W×H (mm)	1540×445×1030	1570×500×1030	1600×650×1070
転圧盤寸法 L×W (mm)	860×445	900×500	900×650
振動数 (Hz/vpm)	73/4400	73/4400	69/4150
遠心力 (kN/kgf)	45/4600	50/5100	65/6630
速度 (前後進共) (m/min.)	0～27	0～27	0～29
エンジン	ヤンマー L70V	ヤンマー L100V	ハッツ 1D81S
最高出力 (kW/PS)	4.8/6.5	6.8/9.3	8.9/12.1
機械質量 (kg)	341	407	525
価格 (万円)	130	153	193



写真—3 三笠産業 MVH-308DSC バイプロコンパクター



写真—4 三笠産業 MVH-308DSC 用コンパスキット

問合せ先：三笠産業(株) 営業サポート室
〒101-0064 東京都千代田区猿樂町1-4-3

14-(12)-05	三笠産業 バイプロコンパクター MVH-150GRS	'12.08 発売 新機種
------------	----------------------------------	------------------

手動式油圧切り替え装置が内蔵された前後進機能付きバイプロコンパクターである。

セルモータを標準装備したガソリンエンジンのため、始動性に優れている。また、余裕のあるエンジンパワーにより、2軸偏心振りで発生する強力な遠心力が無駄なく転圧盤に伝わり、作業の効率化を図っている。

前後進操作は、走行レバー1本で切り替えが可能で、レバーを離せば自動的に前進し、手前に引くことで後進する。

幅広い用途に適用可能で、溝転圧や路盤転圧、また、アスファルト舗装の表層仕上げにも適している。

新機種紹介

表—4 MVH-150GRS の主な仕様

機体寸法 L×W×H	(mm)	1130 × 430 × 920
転圧盤寸法 L×W	(mm)	700 × 430
振動数	(Hz/vpm)	90/5400
遠心力 kN	(kgf)	27/2750
速度 (前後進共)	(m/min.)	0-25
エンジン		スバル EH25-2DS
最大出力	(kW/PS)	5.9/8.0
機械質量	(kg)	175
価格 (税別)	(万円)	68



写真—5 三笠産業 MVH-150GRS バイブロコンパクター

表—5 MVC-T90V/T90V-VAS の主な仕様

モデル	MVC-T90V	MVC-T90V-VAS
機体寸法 L×W×H (mm)	1100×598×825	1500×598×950
転圧盤寸法 L×W (mm)	525×500	
振動数 (HZ/vpm)	100/6000	
遠心力 (kN/kgf)	15/1530	
最大速度 (m/min)	25	
エンジン	スバル EH17-2D	
最大出力 (kW/PS)	3.7/5.0	
機械質量 (kg)	96	99
価格 (税別) (万円)	26.8	27.5



写真—6 三笠産業 MVC-T90V プレートコンパクター

問合せ先：三笠産業(株) 営業サポート室
〒101-0064 東京都千代田区猿樂町 1-4-3

14-〈12〉-06	三笠産業 プレートコンパクター MVC-T90V/T90V-VAS	'13.11 新機種
------------	---	---------------

ダクタイル鋳鉄製の転圧盤と起振体が一体化され、低重心化を図ることで走行速度の高速化を可能としたプレートコンパクターである。

2 機種のうち MVC-T90V-VAS は、ハンドル部の手腕振動の低減が図られた防振ハンドル付である。

給水時にワンタッチで取り外せる 13 リットル大型水タンクが標準装備され、路床から路盤アスファルト舗装仕上げまでの幅広い需要をカバーしている。

また、オプション設定として機械の移動を容易にする専用の回動移動車がある。



写真—7 三笠産業 MVC-T90V-VAS プレートコンパクター

新機種紹介



写真一八 三笠産業 MVC-T90V 系専用回動移動車

問合せ先：三笠産業(株) 営業サポート室
〒101-0064 東京都千代田区猿楽町 1-4-3

▶ 〈14〉 維持修繕・災害対策用機械および除雪機械		
14-〈14〉-03	三笠産業 溝掃除機 MCG-50	'14.06 発売 新機種

アスファルト・コンクリート舗装面の打ち継ぎ目や目地の溝を補修するには、そこに入り込んだ砂、土、自生植物等を事前に除去・清掃する必要がある。本機は、これらを除去・清掃する機械で、先端部に取り付けられたワイヤーブレードで砂、土、自生植物等の刈取り物を掻き出すことにより目地や溝を掃除する。

ワイヤーブレードはアップ回転方式で刈取り物を前方向に掻き出し、作業者の足元をつねに清掃された状態に保ちながら作業を進める事ができる。また、ワイヤーブレードは左右それぞれに2.5度揺動するので目地や溝への追随性が高く、レバー操作とともに狙ったポイントの清掃を容易にしている。

表一六 MCG-50 の主な仕様

機体寸法	長さ×幅×高さ	(mm)	1015 × 636 × 900
ワイヤーブレード寸法	φ×幅	(mm)	φ 210 × 16
最大除去深さ		(mm)	50
エンジン			スバル EX17D
最高出力	(kW/PS)		3.7/5.0
機械質量	(kg)		51
価格	(万円)		23



写真一九 三笠産業 MCG-50 溝掃除機



写真一〇 三笠産業 MCG-50 溝掃除機での作業風景



写真一一 三笠産業 MCG-50 溝掃除機の作業後風景

問合せ先：三笠産業(株) 営業サポート室
〒101-0064 東京都千代田区猿楽町 1-4-3

新機種紹介

▶ 〈19〉建設ロボット, 情報化機器, タイヤ, ワイヤロープ, 検査機器等

14-〈19〉-01	古河ロックドリル 油圧ブレーカ稼働監視・稼働記録装置 B-Pro (ビープロ)	'14.09 発売 新機種
------------	---	------------------

油圧ショベルに装着する装置である。油圧ブレーカを安心して使用できるよう、オペレータに光と音で稼働情報を知らせ、適正な運転を促すナビゲーション装置であり、油圧ブレーカの稼働状況をナビゲーションする「装置本体」と、本体が記録したデータをパソコンに取り込んで管理する「ソフト」で構成されている。

装置本体は、「作動圧力」と「積算稼働時間」の状況を視覚的に表示する装置であり、コンパクトなサイズ（横 140 mm、縦 80 mm、厚さ 35 mm）で、裏面の磁石により運転席の見やすい位置など任意の場所（鉄のフレーム部分）に設置することができる（写真—1）。

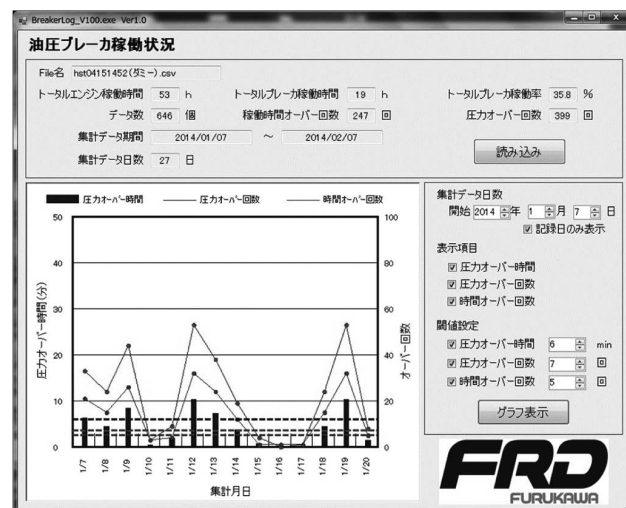
稼働監視装置としては、油圧ブレーカの作動圧力が「適正」の場合は青色、「過剰」の場合は赤色、「低圧」の場合は黄色のLEDが発光してオペレータに知らせる。また、油圧ブレーカの積算稼働時間は、50 時間、250 時間、500 時間、1000 時間、2000 時間、3000 時間の6つの表示があり、現在の稼働時間までが点灯する仕組みになっている。さらに、油圧ブレーカの連続打撃時間が30秒を超えた場合にブザー音が鳴り、連続打撃への注意を促す機能も有している。



写真—12 「B-Pro」装置本体（光と音で稼働状況を知らせる）

稼働記録装置としては、ブレーカの稼働率、過剰圧力の時間と回数、連続打撃時間オーバーの回数、油圧ショベルの稼働時間などの各種油圧ブレーカの稼働情報を記録しており、パソコンに取り込むことにより数値化・グラフ化され、見やすく表示される（写真—2）。

これらのデータを活用することでオペレータに対する適正作業の指導や稼働率の改善、故障の予防や適正なメンテナンス計画の立案などに役立つことができる。



写真—13 油圧ブレーカ稼働状況データ表示例

なお、B-Pro 装置本体の装着には、油圧ショベル側の配線や圧力センサの設置作業などが必要である。

B-Pro 装置本体販売価格 375,000 円（税別、圧力センサの設置と配線工事を含む）。

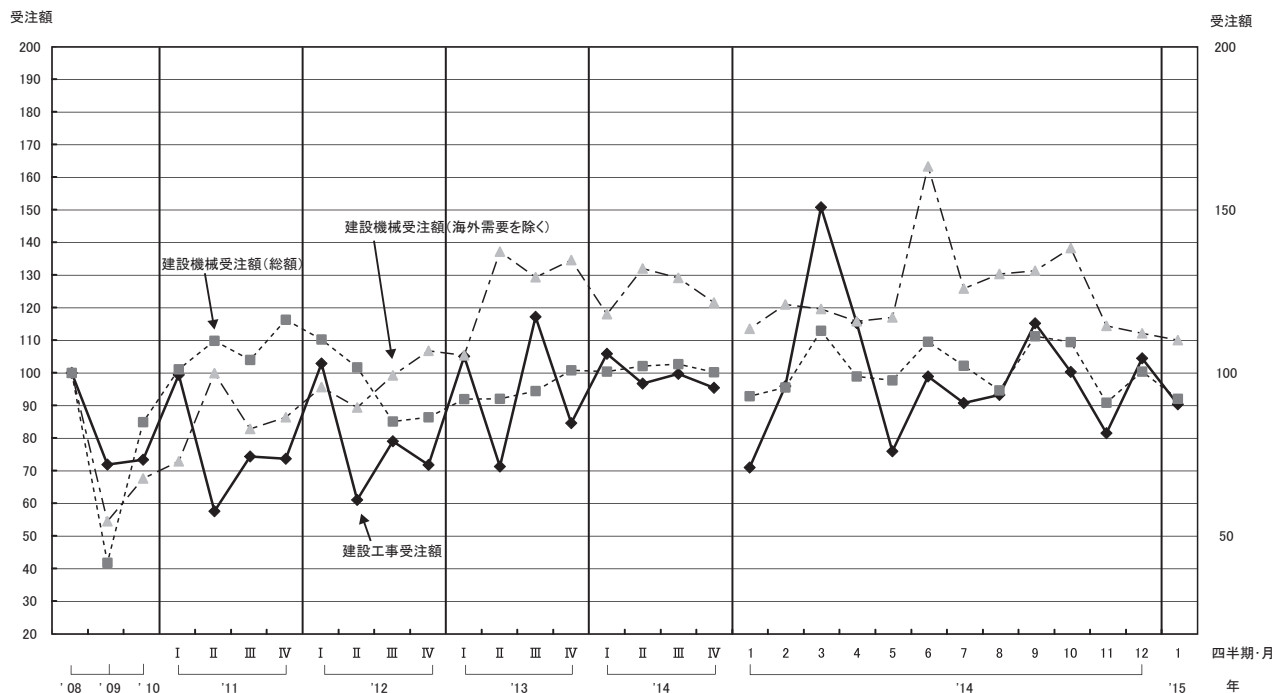
問合せ先：古河ロックドリル(株) 営業企画部 販売促進課

〒103-0027 東京都中央区日本橋 1-5-3

統計 機関誌編集委員会

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 2008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 2008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							
2008 年	140,056	98,847	22,950	75,897	25,285	5,741	10,184	98,836	41,220	128,683	142,289
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
2014 年 1 月	8,264	5,240	1,033	4,207	1,946	353	725	5,827	2,438	129,300	7,914
2 月	11,197	5,220	1,233	3,987	3,777	390	1,810	7,264	3,933	129,390	9,523
3 月	17,633	9,106	1,680	7,426	6,849	580	1,098	8,844	8,789	129,364	17,517
4 月	13,465	6,581	1,403	5,179	6,417	376	91	6,208	7,256	134,351	7,979
5 月	8,849	5,100	1,158	3,942	2,700	345	705	5,540	3,309	135,057	8,332
6 月	11,538	7,114	1,385	5,729	3,782	361	281	7,615	3,922	135,239	11,171
7 月	10,588	6,435	1,187	5,247	2,864	373	916	6,605	3,983	138,035	7,882
8 月	10,877	5,546	1,194	4,352	3,247	336	1,749	7,446	3,431	138,708	9,176
9 月	13,461	9,484	1,926	7,557	2,855	466	657	9,250	4,211	139,433	13,045
10 月	11,711	7,083	1,417	5,666	2,927	471	1,231	7,219	4,492	140,773	8,915
11 月	9,504	6,319	1,225	5,095	2,449	385	350	6,602	2,902	139,657	10,204
12 月	12,199	7,249	1,334	5,915	3,290	386	1,274	8,117	4,082	138,286	14,320
2015 年 1 月	10,538	7,525	1,502	6,023	2,490	360	164	7,817	2,721	－	－

建設機械受注実績

(単位：億円)

年	月	08 年	09 年	10 年	11 年	12 年	13 年	14 年	14 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	15 年 1 月
総	額	18,099	7,492	15,342	19,520	17,343	17,152	18,346	1,399	1,441	1,705	1,492	1,473	1,653	1,541	1,427	1,679	1,652	1,370	1,514	1,388
海	外 需 要	12,996	4,727	11,904	15,163	12,357	10,682	11,949	916	926	1,196	999	975	957	1,005	872	1,120	1,063	883	1,037	920
海	外需要を除く	5,103	2,765	3,438	4,357	4,986	6,470	6,397	483	515	509	493	498	696	536	555	559	589	487	477	468

(注) 2008～2010 年は年平均で、2011～2014 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2014 年 1 月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査

内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

行事一覧

(2015年2月1日～28日)

機械部会



■コンクリート機械技術委員会

月 日：2月5日（木）

出席者：大村高慶委員長ほか9名

議 題：①前回（12/11）委員会の議事録内容の確認 ②平成26年度活動結果報告と平成27年度活動計画について ③ISO/TC195/SC1でのトラックミキサの各国意見を反映した修正について ④機関誌連載を終了した「コンクリート機械の変遷」のCD保存データについて ⑤その他

■機械整備技術委員会

月 日：2月6日（金）

出席者：森三朗委員長ほか11名

議 題：①平成26年度活動実績報告と平成27年度活動計画について ②「ハイブリッド建機・電動建機の安全整備・点検のためのガイドライン」の最終仕上げ ③12/4開催の機械部会・製造業部会 合同技術連絡会の報告 ④その他

■基礎工事用機械技術委員会

月 日：2月10日（火）

出席者：山下高俊委員長ほか11名

議 題：①平成26年度活動結果報告と平成27年度活動計画について・平成27年度活動テーマの決定とその進め方について ②3月に開催予定の（株）前田製作所（長野市篠ノ井）工場見学会について ③3月に開催予定の合同部会について ④その他連絡等

■トンネル機械技術委員会

月 日：2月12日（木）

出席者：赤坂茂委員長ほか19名

議 題：①排出ガス基準別トンネル機械保有台数、現状の課題、今後の方向性に関する調査アンケートの成果物取り纏めに向けた意見交換について ②平成26年度活動報告と平成27年度活動計画について・平成27年度の活動テーマの決定とその進め方について ③現場見学その他について・平成27年度に延期予定の千代田区永田町H&Vシールド工事（前田・大日本JV）について ④平成27年度の新委員長の選任について

■機械部会 幹事会

月 日：2月16日（月）

出席者：齊藤秀企副部会長ほか22名

議 題：①各技術委員会の平成26年度の活動結果報告と平成27年度活動計画について ②平成27年度第1回技術連絡会の発表テーマと日程について ③その他

■建築生産機械技術委員会 移動式クレーン分科会 WG

月 日：2月19日（木）

出席者：石倉武久委員長ほか6名

議 題：①25tクラスのラフテレーンクレーンの作業燃費測定試験結果に対する各メーカーの検討意見（試験条件等）の再確認 ②25tクラスのラフテレーンクレーンのJCMAS標準化タキ台案（各試験モードでの試験条件、測定方法、作業割合、評価値等）について ③各社の保有機種種の整理と市場保有台数（生産台数）について ④13tクラス、70tクラスの試験条件についての意見交換 ⑤その他

■原動機技術委員会

月 日：2月20日（金）

出席者：六本木明人委員長ほか20名

議 題：①平成26年度活動報告と平成27年度活動計画について・2/16開催の機械部会 幹事会の報告 ②オフロード法2014年排出ガス規制の各実施要領等についての情報交換 ③海外排出ガス規制の動向についての情報交換 ④オバシメータによる実機排気管計測について建機工内での確認結果の報告 ⑤自工会オイル分科会からのシール試験法改正の動きについて ⑥国交省 排ガス対策型建設機械指定制度におけるInterim Tier4, Stage III Bエンジン搭載機の扱いについて ⑦中環審自動車排出ガス専門委員会「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について（第十二次報告）」について ⑧3月開催予定の合同部会について ⑨その他

■トラクタ技術委員会

月 日：2月27日（金）

出席者：阿部里視委員長ほか7名

議 題：①各社のトピックス ②2/16開催の機械部会 幹事会の報告・平成26年度の活動報告と平成27年度の活動計画 ③JCMAS H022 ホイールローダ燃料消費量試験方法、ハイブリッド式・バッテリー式等への適用に向けた改訂について ④3/10開催予定の合同部会について ⑤その他

製造業部会



■製造業部会・小幹事会

月 日：2月18日（水）

出席者：迎野雅行幹事長ほか10名

議 題：①各WGの平成26年度活動結果報告と平成27年度活動計画について・作業燃費検討WGの活動報告と活動計画・マテリアルハンドリングWGの活動報告と活動計画 ②製造業部会の平成26年度事業報告と平成27年度事業計画について・3/12開催の運営幹事会、3/19開催の理事会での報告案 ③機械部会との平成27年度第1回合同技術連絡会のテーマについて ④3/10開催予定の平成26年度第2回合同部会（建設業部会が幹事役）について ⑤その他

建設業部会



■三役会

月 日：2月27日（金）

出席者：鈴木嘉昌会長ほか5名

議 題：①2/27（金）15：30からの建設業部会について ②各WG報告 ③3/16冬季現場見学会（箕面トンネル）について ④3/10合同部会について ⑤その他

■建設業部会

月 日：2月27日（金）

出席者：鈴木嘉昌会長ほか18名

議 題：①平成27年度中期事業計画 ②平成27年度年度事業計画 ③「機電技術者交流企画WG」の活動計画 ④「クレーン安全情報WG」の活動計画 ⑤「建設機械事故調査WG」の活動計画 ⑥その他

レンタル業部会



■コンプライアンス分科会

月 日：2月3日（火）

出席者：山崎勝美委員ほか6名

議 題：①建設工事用車両レンタルの法規制等について ②建設機械輸送に係る諸問題について ③その他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：2月4日（水）

出席者：篠原望委員ほか14名

議 題：①平成27年5月号（第783号）の計画の審議・検討 ②平成27年6

月号（第784号）の素案の審議・検討
③平成27年7月号（第785号）の編集方針の審議・検討 ④平成27年2～平成27年4月号（第780～782号）の進捗状況の報告・確認

■建設経済調査分科会

月 日：2月18日（水）
出席者：山名至孝分科会長ほか5名
議 題：①外国人労働者受入状況について 資料検討 ②その他

■新機種調査分科会

月 日：2月24日（火）
出席者：江本平分科会長ほか5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



■情報化施工とCIMシンポジウム北海道「使う」から「活かす」へ 新たな建設生産システムへの挑戦！

月 日：2月13日（金）
場 所：札幌第一合同庁舎 2階講堂
主 催：北海道開発局、JCMA 北海道支部、JSCE 建設用ロボット委員会
後 援：JACIC 北海道地方センター、（一社）北海道建設業協会、（一社）北海道舗装事業協会、JCCA 北海道支部
内 容：①基調講演「これからの建設技術を考える」 ②北海道開発局の取り組み状況 ③情報化施工・CIMの活用事例 ④パネルディスカッション
参加者：約270名

東北支部



■施工部会（情報化施工技術委員会）

月 日：2月3日（火）
場 所：支部会議室
出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員長ほか10名
議 題：①平成27年度情報化施工セミナー計画について ②震災復興支援情報化施工導入チャレンジ工事報告 ③経営者向け情報化施工セミナーについて

■施工部会（情報化施工技術委員会）

月 日：2月17日（火）
場 所：支部会議室
出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員長ほか4名
議 題：①平成27年度情報化施工セミナー計画全般 ②整備局との連携につ

いて ③その他

■企画部会

月 日：2月18日（水）
場 所：東北支部会議室
出席者：阿部新治部会長ほか4名
議 題：平成26年度第3回運営委員会開催打合せ ①第1号議案 平成27年度事業計画（案）について ②第2号議案 平成27年度事業予算（案）について ③その他

■広報部会（第1回EE東北作業部会）

月 日：2月25日（水）
場 所：フォレスト仙台
出席者：狩野武志副所長ほか24名
議 題：①「EE東北'15」開催概要 ②「EE東北'15」実施計画（案） ③「EE東北'15」広報（案） ④「EE東北'15」予算（修正案） ⑤その他

北陸支部



■平成26年度北陸ICT戦略研究会

月 日：2月3日（火）
場 所：新潟国道事務所会議室
出席者：宮村兵衛事務局長（研究会会員）
議 題：平成25・26年度取り組み状況、平成27年度取り組み計画（案）

■北陸地方整備局との意見交換会

月 日：2月27日（金）
場 所：新潟県建設会館
出席者：北陸地方整備局 小口浩企画部長ほか6名、北陸支部 丸山暉彦支部長ほか16名
議 題：機械設備工事・点検整備作業における諸課題について

■北陸防災連絡会議幹事会

月 日：2月27日（金）
場 所：北陸地方整備局会議室及び富山河川国道事務所会議室（テレビ会議）
出席者：宮村兵衛事務局長（幹事）
議 題：北陸防災連絡会議検討項目と各機関の取り組みについて（東日本大震災における各機関及び北陸地方が果たした役割、北陸地方の大規模災害に対する備え、隣接地域の大規模災害に対する取り組み 他）

中部支部



■「南海トラフ地震対策中部戦略会議」第3回中部圏地震・津波対策アドバイザー会議

月 日：2月4日（水）
出席者：永江事務局長
内 容：有識者らによる地震・津波アドバイザー会議の聴講

■「公共工事の品質確保の促進に関する法律第22条に基づく発注関係事務の運用に関する指針（運用指針）説明会

月 日：2月5日（木）
出席者：永江事務局長
内 容：品質確保の促進に関する説明会

■「応急組立橋見学会」

月 日：2月10日（火）
出席者：災害対策協定協力会会員会社14名
内 容：中部技術事務所構内に架設された応急組立橋の見学

■「建設ICT導入普及研究会総会」

月 日：2月12日（木）
出席者：永江事務局長
内 容：建設ICT取組状況等について

■技術・調査部会

月 日：2月20日（金）
出席者：青木部会長ほか7名
議 題：春季講演会、次世代社会インフラ用ロボット開発・導入コンソーシアムについて

■「南海トラフ地震対策中部戦略会議」事務局会議

月 日：2月26日（木）
出席者：永江事務局長
内 容：平成27年度の取組について等

関西支部



■平成27年度施工技術報告会

月 日：2月12日（木）
場 所：建設交流館 グリーンホール
参加者：119名
内 容：①安全性向上、高環境性能、省電力を実現する坑内換気システムについて—丹波綾部道路瑞穂トンネル水呑地区工事— ②山岳トンネルにおけるノンコア削孔切羽前方探査技術—鳥取豊岡宮津自動車道（野田川大宮道路）道路新設工事（補助）第14トンネル工事— ③環境・保全に配慮した鉄道立体交差工事における国道2号仮橋撤去計画と施工—山陽電鉄本線立体交差工事 明石川～西新町— ④丹波帯の付加堆積物における3種類の探査による切羽前方予測—丹波綾部道路 須知第二トンネル工事— ⑤新旧構造物の一体化と耐震補強技術の開発—阪神高速道路大和川線 三宝ジャンクション工事— ⑥金剛寺トンネル中間低土被り部工事—那智勝浦道路金剛寺トンネル工事—

■建設用電気設備特別専門委員会（第416回）

月 日：2月25日（水）
場 所：中央電気倶楽部 会議室

議 題：①前回議事録確認 ②JEM-TR236 建設工事用 400V 級電気設備施工指針の審議 ③その他

■建設業部会リース・レンタル業部会 合同討論会

月 日：2月25日（水）

場 所：ドーンセンター（大阪府男女参画・青少年センター）

出席者：寺口勝久建設業部会長、伊勢木浩二リース・レンタル業部会長以下31名

内 容：①「建設機械の排出ガス規制について」近畿地方整備局 企画部 施工企画課 課長補佐 矢野久久氏 ②「オゾンマイクロバブルを用いた油・VOC の高速浄化技術」(株)奥村組 土木本部 環境技術室 主任 小河篤史氏 ③「林業機械の取り組み」(株)レンタルのニッケン 関西支店 チームリーダー 有明二郎氏

中国支部

■平成26年度土木機械設備関係意見交換会開催について打合せ

月 日：2月2日（月）

場 所：広島 YMCA 会議室

出席者：清水芳郎事務局長ほか10名

議 題：①土木機械設備関係意見交換会開催について

■第6回広報部会

月 日：2月3日（火）

場 所：中国支部事務所

出席者：松村邦則部会長ほか4名

議 題：①平成27年度部会事業実施計画(案)について ②広報誌(CMnavi)41号について ③その他懸案事項

■平成26年度土木機械設備関係意見交換会

月 日：2月10日（火）

場 所：広島合同庁舎会議室

出席者：中国地方整備局企画部津村信昌 機械施工管理官ほか44名

話題提供：土木機械設備の維持管理の現状と対策について

意見交換：①土木機械設備工事の不調・不落対策について ②工事施工、監督・検査に関する課題 ③点検整備業務に関する課題 ④その他の課題

■平成26年度建設機械レンタル関係意見交換会

月 日：2月10日（火）

場 所：広島合同庁舎会議室

出席者：中国地方整備局企画部津村信昌 機械施工管理官ほか19名

話題提供：建設機械等に関する話題について

意見交換：①「広島豪雨災害」に対する現場報告とそこから見えてきた問題点及び今後の災害時の初動体制について ②「情報化施工」のこれまでと今後について ③その他の課題

四国支部

■「長安口ダム施設改造工事」現場見学会を開催

月 日：2月3日（火）

場 所：徳島県那賀郡那賀町大戸地先・長安口ダム周辺

参加者：支部会員会社から24名が参加

■安全と防災に関する講習会を開催

月 日：2月6日（金）

場 所：建設クリエイトビル第一会議室（高松市）

参加者：支部会員会社等から29名が参加

内 容：①四国の防災術と対応について ②建設機械の安全操作について～クレーン装置付きバックホウの安全操作

～ ③建設工事の安全施工について～安全はものづくりの中に～

■支部内災害情報伝達訓練を実施

月 日：2月9日（月）

場 所：支部事務局（情報集約）を拠点に会員各社にて

参加社：支部会員36社

伝達手段：メールによる

■情報化施工意見交換会・徳島を開催

月 日：2月10日（火）

場 所：国土交通省徳島河川国道事務所会議室

参加者：木下功四国地整施工企画課長補佐ほか19名

議 題：会員各社の取組状況と現状の課題について官民で意見交換

■情報化施工意見交換会・高知を開催

月 日：2月18日（水）

場 所：国土交通省土佐国道事務所会議室

参加者：木下功四国地整施工企画課長補佐ほか15名

議 題：会員各社の取組状況と現状の課題について官民で意見交換

■支部機関誌「しこく（No.94：2015.2）」を発刊

月 日：2月24日（火）

配付部数：約240部

配布先：支部役員・団体会員ほか関係機関等約200箇所

九州支部

■企画委員会

月 日：2月18日（水）

出席者：久保田正春企画委員長ほか7名

議 題：①本部理事会提出資料について ②災害協定の見直しについて ③平成26年度第3回運営委員会について ④支部団体会員の入会について

編集後記

先日ニュースを見ていたら、中国では春節にあたり来日する中国人が増加しており、その中国人が日本に落とすお金が半端でなく、爆買いと称されていた。また、日本のデパートでは、春節特需とも報道されていた。

報道されていた家族は、親戚も含めて10人で日本を訪れており、その予算はおみやげや宿泊代の他に1人20万前後のお金を持参してきていた。

そして、その家族が朝食にカニだの、串焼きだのを町の露店で買い、朝食代になんと4万円も使っていた。

この購買力はどこからくるのであろう？ 中国を含めアジアの発展はめざましいものである。

今後5年間でアジアでは800兆円ものインフラ整備があると試算されており、このインフラ整備が実施さ

れるとますます発展するであろう。

それとは対照的には、日本では今後高齢化社会を迎え、国の累積赤字もさらに悪化することが予想されている。

そのような状況の中で建設業は、活路を求めて、今まで以上に海外展開することが考えられる。

今回の特集は、海外で奮闘する日本の建設業の設計・施工報文を掲載した。

言語・文化・風習ばかりでなく技術的な思想も違う海外において、家族と離れ、苦勞された日本の土木技術者に心から敬意を払い、頭が下がる思いである。

そうした実績が、更なる海外展開に繋がり、建設業の発展に寄与することを確信する。

最後に、ご多忙中、快く執筆を引き受けて頂いた執筆者の方々、また仲介の労をとって頂いた方々に深く感謝するとともに、厚く御礼申し上げます。

(藤内・大塚)

5月号「安全対策・労働災害防止特集」予告

- ・建設業の労働災害発生状況と建設機械災害の防止対策
- ・移動用発電設備の取扱いと維持管理
- ・山岳トンネルの切羽崩落予測システム 切羽ウォッチャー
- ・3D クレーンブーム位置監視システムの実用化
- 近接工事における立体的なクレーン作業範囲の監視
- ・法面吹付工の機械施工システムの開発 吹付けロボット「Robo-Shot」
- ・安全性と施工性が両立したシステム吊り足場
- ・産業用ヘルメットの進化 (ヘルメット規格の変遷とともに)
- ・防塵マスクの進化
- ・建設現場の見える化による施工支援
- ・工事車両の衝突防止支援システムの開発
- ・クレーン仕様バックホーの安全対策
- ・650t クレーン架設におけるアウトリガー養生
- ・シンガポールの労働安全に対する取組み
- ・ユニッククレーン開発史

【年間購読ご希望の方】

- ①お近くの書店でのお申込み・お取り寄せ可能です。
- ②協会本部へお申し込みの場合「図書購読申込書」に以下事項をもれなく記入のうえ FAX にて協会本部へお申込み下さい。…官公庁／会社名、所属部課名、担当者氏名、住所、TEL および FAX

年間購読料 (12 冊) 9,252 円 (税・送料込)

建設機械施工

第 67 巻第 4 号 (2015 年 4 月号) (通巻 782 号)

Vol. 67 No. 4 April 2015

2015 (平成 27) 年 4 月 20 日印刷

2015 (平成 27) 年 4 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 〒980-0802 仙台市青葉区二丁目 16-1

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

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	橋元 和男
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

吉田 潔	国土交通省
三浦 弘喜	農林水産省
早矢仕 明	(独)鉄道・運輸機構
加藤 誠	鹿島建設(株)
立石 洋二	大成建設(株)
藤内 隆	清水建設(株)
赤井 亮太	(株)大林組
久保 隆道	(株)竹中工務店
安川 良博	(株)熊谷組
中村 優一	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(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)
太田 順子	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)
竹本 憲充	施工技術総合研究所

事務局

日本建設機械施工協会

本誌上への
広告は



有限会社 サンタナ アートワークスまでお申し込み、お問い合わせ下さい。

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

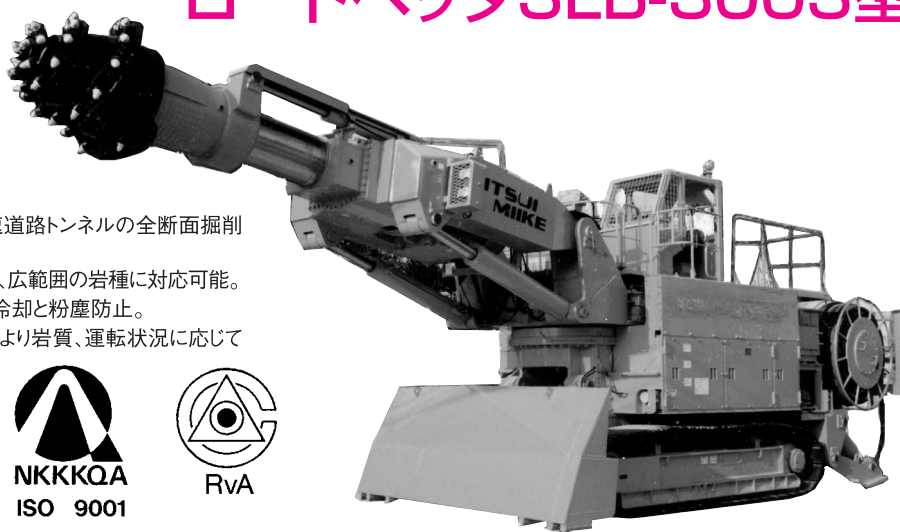
E-mail : san-mich@zam.att.ne.jp 担当 : 田中

安全・高能率な掘削を実現!

全断面对応中硬岩用トンネル掘進機 ロードヘッダSLB-300S型

特長

1. 最大8.8mの掘削高さで、新幹線、高速道路トンネルの全断面掘削が可能。
2. 300kW:2速切換型電動機の採用により、広範囲の岩種に対応可能。
3. ピック先端に高圧水を散水させ、ピック冷却と粉塵防止。
4. モード切換式パワーコントロール装置により岩質、運転状況に応じて作動設定の変更が可能。
5. 運転操作が優れ、全操作がリモートコントロールで運転可能。
6. ケーブルリール装置により、電源ケーブルの取扱いが容易で移動が迅速。



製造・販売・レンタル及びメンテナンス



株式会社 三井三池製作所

本店/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203

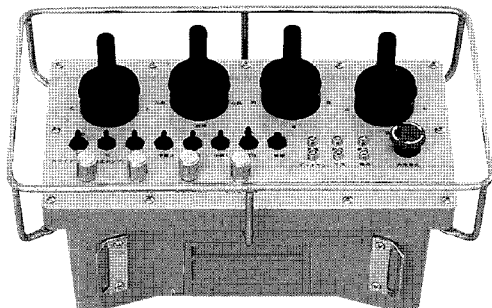
<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

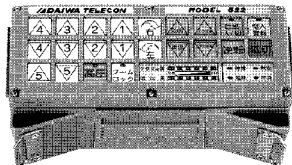
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



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

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>

「建設機械施工」

定価 本体八〇〇円(税別)

雑誌 03435-4



4910034350452
00800