

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

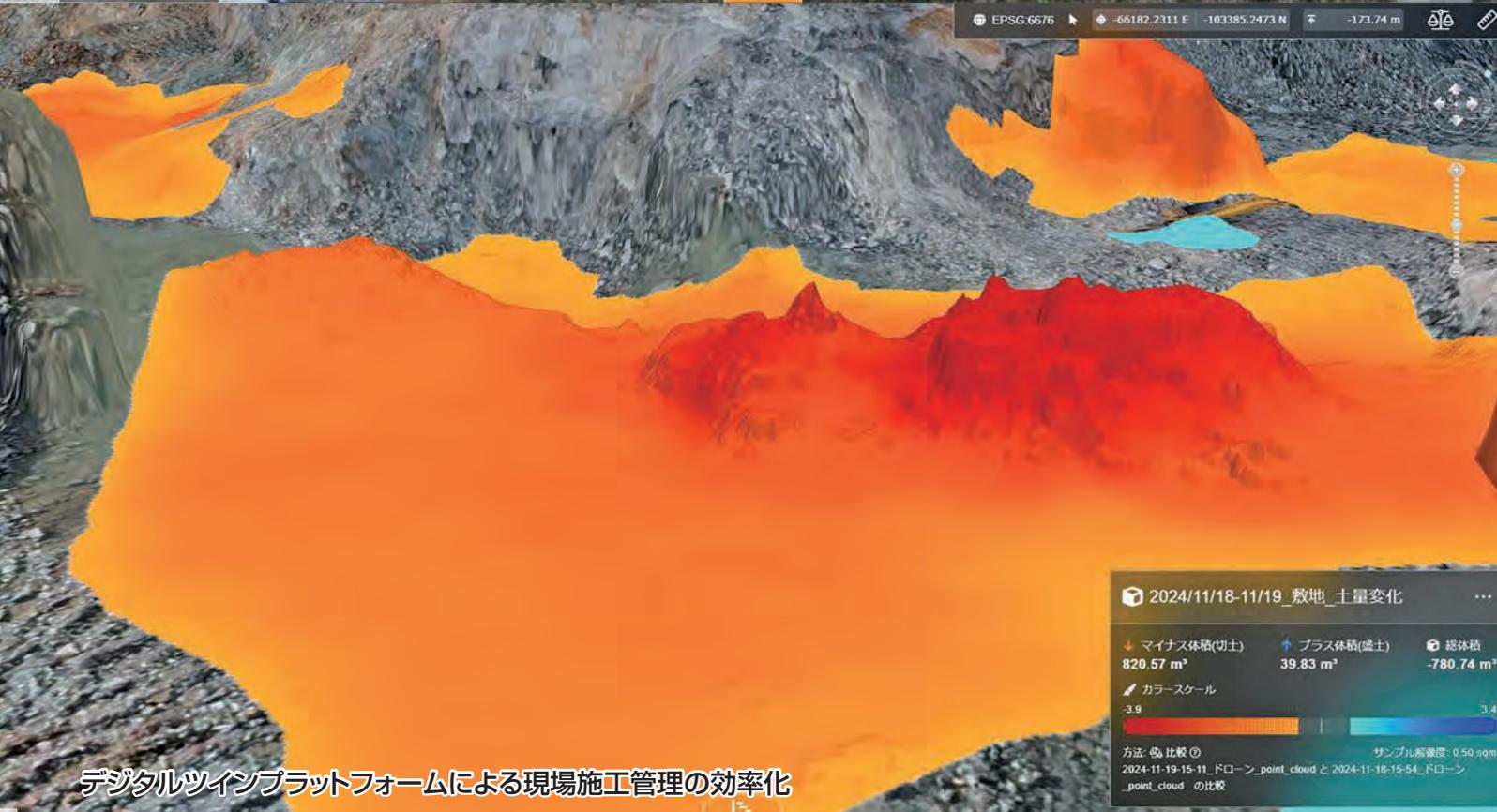
2025

建設機械施工



Vol.77 No.2 February 2025 (通巻900号)

特集 900号記念 土工事



2024/11/18-11/19_敷地_土量変化		
↓ マイナス体積(切土)	↑ プラス体積(盛土)	◎ 総体積
820.57 m³	39.83 m³	-780.74 m³
カラースケール		
-3.9		3.4
方法: ④ 比較 ① サンプル解像度: 0.50 sqm		
2024-11-19-15-11_ドローン_point_cloud と 2024-11-18-15-54_ドローン_point_cloud の比較		

デジタルツインプラットフォームによる現場施工管理の効率化

巻頭言 土工事データの蓄積とオープン化

900号記念 ● 記念寄稿 ● 記憶に残る工事

- 特集技術報文
- 場所打ち杭・地中連続壁の掘削形状の3次元可視化技術
 - ICTを活用した大規模造成工事の施工事例
 - デジタルツインプラットフォームによる現場施工管理の効率化
 - 環境負荷低減に寄与する地盤改良技術
 - 地中連続壁工法に用いる安定液の品質管理自動計測システムの開発 他

- 行政情報
- 建設現場の見える化により更なる効率化を図る ICT施工Stage IIの取組
 - 国土強靱化年次計画2024

- 交流のひろば
- 土工構造物施工における土工用振動ローラの最適利用に向けて
 - 建設機械レンタルの役割と将来

- すいそう
- 神社巡りの楽しみ方 ● 我がふるさとの紹介

KOBELCO

機械周辺の人を認識して知らせることで 効率よく作業を行える衝突軽減装置



人
検知



検知対象外

※警報・停止機能はモノに
対しては作動対象外です。

広い範囲を監視

“人”を検知して機械を“停止”

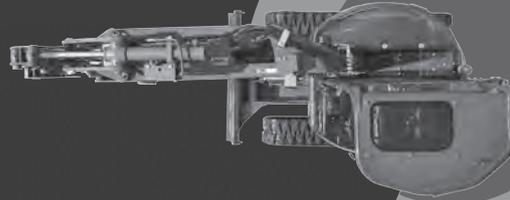
※現場の状況により検知精度に影響が出る場合があります。

ミニショベル向け衝突軽減装置

OmniEye®

NETIS登録済

車両搭載可能AIカメラ(KK-200027-VE)



警告エリア

警報/停止エリア

【運転員への警告エリア】
キャノピ:半径2.5m/キャブ:半径2.7m

【周囲の人への警報/機械停止エリア】
キャノピ:半径1.8m/キャブ:半径2.0m

コベルコ建機日本
WEBサイト



コベルコ建機日本株式会社

本社/〒272-0002 千葉県市川市二俣新町17番地 ☎047-328-7111
www.kobelco-kenki.co.jp

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内

会費：年間 9,000円(不課税)

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

★個人会員の特典

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

この機会に是非ご入会下さい!!

◆一般社団法人 日本建設機械施工協会について

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

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

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

■会員構成

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

■主な事業活動

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

■主な出版図書

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

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

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

※お申し込みには次頁の申込用紙をお使いください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係
〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2F
TEL:(03)3433-1501 FAX:(03)3432-0289

一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会 個人会員に入会します。

令和 年 月 日

個人会員入会申込書	
ふりがな	生年月日
氏名	昭和 平成 年 月 日
勤務先名	
所属部課名	
勤務先住所	〒 TEL _____ E-mail _____
自宅住所	〒 TEL _____ E-mail _____
機関誌の送付先	勤務先 自宅 (ご希望の送付先に○印で囲んで下さい。)
その他 連絡事項	令和 年 月より入会

【会費について】年間 9,000円(不課税)

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

【その他ご入会に際しての留意事項】

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

【個人情報の取扱について】

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

論文投稿のご案内

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

当協会ホームページ <https://jcmanet.or.jp/>

★投稿対象

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

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

★部門

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

★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

★原稿の受付

随時受け付けます。

★公表の方法

当協会機関誌へ掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館)

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289

令和7年度 日本建設機械施工大賞の公募について

本協会では、平成元年度に一般社団法人日本建設機械施工協会会長賞を創設し、建設事業の高度化に関し顕著な功績をあげた業績について表彰して参りました。また、平成27年度の募集から新たに地域への貢献が顕著な業績も表彰することとし、さらに表彰内容を拡充したことに伴い、表彰名称を『会長賞』から『日本建設機械施工大賞』に変更いたしました。

令和7年度の表彰につきましても、下記により受賞候補者を公募いたしますので、内容検討の上、奮ってご応募いただきますよう、ご案内いたします。

1. 表彰の目的

建設機械及び建設施工に関して、有意な技術の向上又は地域の建設事業の課題の解消に、顕著な功績をあげた業績を表彰し、もって国土の開発と経済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を対象とします。

3. 表彰の種類

表彰は、大賞部門と地域賞部門の各部門とも**最優秀賞、優秀賞**とします。

- ・大賞部門は、建設機械及び建設施工に関する技術等の「調査・研究、技術開発、実用化等」の業績が対象となります。
- ・地域賞部門は、当該地域の建設機械及び建設施工に関する「創意工夫あるいは従来技術の改良や普及促進等の取組み等」の業績が対象となります。
- ・最優秀賞は総合的な評価の最も高かったもの、優秀賞はそれに準ずるものです。
- ・ユニークなアイデア、あるいは特に秀でた特徴を有する提案があれば**選考委員会賞**として表彰することもあります。

受賞者には、賞状及び副賞として、1件につき次の賞金を授与します。

副賞賞金	大賞部門	最優秀賞	・ ・ ・ ・ ・ 30万円	地域賞部門	最優秀賞	・ ・ ・ ・ ・ 20万円
		優秀賞	・ ・ ・ ・ ・ 15万円		優秀賞	・ ・ ・ ・ ・ 10万円
		選考委員会賞	・ ・ ・ 5万円		選考委員会賞	・ ・ ・ 5万円

4. 表彰式

本協会第14回通常総会（令和7年6月予定）終了後に行います。

5. 応募

「**日本建設機械施工大賞応募要領**」に基づく**応募用紙**の提出により行われますので、**本協会HP（ホームページ）からダウンロード**してください。（自薦・他薦は問いません。）

また、大賞部門と地域賞部門の両方へ応募することもできますが、同一内容の業績では、両部門へ重複して応募することはできません。応募の締切は、**令和7年2月28日（金）（必着）**です。

6. 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。なお、該当する業績が無い場合は表彰いたしません。

7. その他

受賞業績は、「業績の概要」を本協会機関誌「**建設機械施工**」及び本協会のHP（ホームページ）に掲載いたします。

以上

日本建設機械要覧 2025 年版

近日発売のご案内

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

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



発刊日

令和 7 年 3 月 25 日 (予定)

体裁

・B5 判、約 1,280 頁 / 写真、図面多数 / 表紙特製

価格 (消費税 10% を含む)

一般価格 53,900 円 (本体 49,000 円)

会員価格 45,100 円 (本体 41,000 円)

(注) 送料 1 冊 990 円 (税込) 複数冊の場合別途

参考：写真はイメージです

特典

「日本建設機械要覧 2025 年版」購入の方への特典として、当協会が運営する Web サイト (要覧クラブ) 上において 2001 年版から 2022 年版までの全ての日本建設機械要覧の PDF 版が閲覧及びダウンロードできます。これによって 2025 年版を含めると 1998 年から 2024 年までの建設機械データが活用いただけます。

2025 年版 内容

- ・ブルドーザおよびスクレーパ
- ・掘削機械
- ・積込機械
- ・運搬機械
- ・クレーン、インクラインおよびウインチ
- ・基礎工事機械
- ・せん孔機械およびブレーカ
- ・トンネル掘削機および設備機械
- ・骨材生産機械
- ・環境保全およびリサイクル機械
- ・コンクリート機械
- ・モータグレーダ、路盤機械および締めめ機械
- ・舗装機械
- ・維持修繕・災害対策用機械および除雪機械
- ・作業船
- ・ICT 建機、建設ロボットと自動化
- ・高所作業車、エレベータ、リフトアップ工法、横引き工法および新建築生産システム
- ・空気圧縮機、送風機およびポンプ
- ・原動機および発電・変電設備等
- ・建設ロボット
- ・WJ 工法、CSG 工法、タイヤ、ワイヤロープ、燃料油、潤滑剤および作動油、検査機器

今後の予定

好評をいただきました 2022 年版につづき「日本建設機械要覧 2025 年版」の電子版も作成し、より利便性の高い資料とするべく準備しております。御期待下さい。

◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

購入申し込みは随時受け付けております。

3/31(月)までに納品希望……(この場合本申込書は 3/10 必着にて送付ください)
 (チェックを入れてください)

日本建設機械要覧 2025年版	冊
-----------------	---

上記図書を申し込みいたします。 令和 7 年 月 日

会員種別	<input type="checkbox"/> 非会員 <input type="checkbox"/> 団体会員 <input type="checkbox"/> 個人会員 <input type="checkbox"/> その他()		
官公庁名 会社名			
所属			
ご担当者氏名	TEL		
	FAX		
ご住所	〒		
書類の宛名の 希望	ご記入がなければ請求書・納品書・見積書は官公庁名・会社名となります。		
備考			

◆ 申し込み方法 ◆

- ①本部へ申し込み…FAX または E-mail (toshoh-hanbai@jcmnet.or.jp)
 支払方法…銀行振込
- ②支部へ申し込み…FAX のみ
 支払方法…銀行振込または現金書留

※ 関東・甲信・沖縄地区の方は本部へ、その他の地区は最寄りの支部へお申し込みください。

[お問合せ及びお申込先]

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 機械振興会館 2 階	TEL 03-3433-1501
		FAX 03-3432-0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北 3 条西 2 丁目 さつげんビル 5 階	TEL 011-231-4428
		FAX 011-231-6630
東北支部	〒980-0014 仙台市青葉区本町 3-4-18 太陽生命仙台北本町ビル 5 階	TEL 022-222-3915
		FAX 022-222-3583
北陸支部	〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1 興和ビル 9 階	TEL 025-280-0128
		FAX 025-280-0134
中部支部	〒460-0003 名古屋市中区錦 3-7-9 太陽生命名古屋第 2 ビル 7 階	TEL 052-962-2394
		FAX 052-962-2478
関西支部	〒540-0012 大阪府中央区谷町 2-7-4 谷町スリスリスビル 8 階	TEL 06-6941-8895
		FAX 06-6941-1378
中国支部	〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22 築地ビル 4 階	TEL 082-221-6841
		FAX 082-221-6831
四国支部	〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22 建設クワイビル 4 階	TEL 087-821-8074
		FAX 087-822-3798
九州支部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-4-30 いわきビル 2 階	TEL 092-436-3322
		FAX 092-436-3323

記入いただいた個人情報、お申込み図書の配送・支払い確認などの連絡に利用いたします。

また、当協会の新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール(DM)送付に利用する場合があります。

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

(一社) 日本建設機械施工協会 発行図書一覧表 (令和7年2月現在)

消費税 10%

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	本部 送料
1	R6年12月	建設機械施工ハンドブック (改訂5版)	13,200	11,220	770
2	R6年05月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和6年度版	6,600	5,610	770
3	R6年05月	橋梁架設工事の積算 令和6年度版	12,100	10,285	990
4	R6年05月	よくわかる建設機械と損料 2024	7,260	6,171	770
5	R6年04月	令和6年度版 建設機械等損料表	9,680	8,228	770
6	R5年10月	道路除雪施工の手引 (第17版)	4,950	3,960	770
7	R4年03月	日本建設機械要覧 2022年版	53,900	45,100	990
8	R3年01月	情報化施工の基礎 ~i-Constructionの普及に向けて~	2,200	1,870	770
9	H30年08月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	770
10	H29年04月	ICTを活用した建設技術 (情報化施工)	1,320	1,122	770
11	H26年03月	情報化施工デジタルガイドブック【DVD版】	2,200	1,980	770
12	H25年06月	機械除草安全作業の手引き	990	880	770
13	H22年 9月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300	2,970	770
14	H22年 9月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,300	2,970	770
15	H22年 7月	情報化施工の実務	2,200	1,870	770
16	H21年11月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,178	770
17	H20年 6月	写真でたどる建設機械 200年	3,080	2,618	770
18	H19年12月	除雪機械技術ハンドブック	3,300	2,970	770
19	H18年 2月	建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説	3,520	2,992	770
20	H17年 9月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)	1,100	990	770
21	H16年12月	除雪・防雪ハンドブック (除雪編)【CD-R】	5,500	4,950	770
22	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)【CD-R】	3,520	3,168	770
23	H15年 7月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,650	1,485	770
24	H15年 6月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル (案)	1,980	1,782	770
25	H15年 6月	機械設備点検整備共通仕様書 (案)・機械設備点検整備特記仕様書作成要領 (案)	1,980	1,782	770
26	H15年 6月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550	495	770
27	H13年 2月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック (第3版)	6,600	5,940	770
28	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)	2,750	2,475	770
29	H11年10月	機械工事施工ハンドブック 平成11年度版	8,360	8,360	770
30	H11年 5月	建設機械化の50年	4,400	3,960	770
31	H11年 4月	建設機械図鑑	2,750	2,475	770
32	H10年 3月	大型建設機械の分解輸送マニュアル【CD-R】	3,960	3,564	770
33	H9年 5月	建設機械用語集	2,200	1,980	770
34	H6年 8月	ジオスペースの開発と建設機械	8,470	7,623	770
35	H6年 4月	建設作業振動対策マニュアル	6,380	5,742	770
36	H3年 4月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,450	9,405	770
37	S60年 1月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック【CD-R】	6,600	5,940	770
38		建設機械履歴簿	440	396	770
39	毎月 25日	建設機械施工	880	792	770

定期購読料 年12冊 10,032円 (税・送料込)

購入を希望される場合、当協会 HP <https://jcmnet.or.jp/> の出版図書欄の「出版図書のご購入について」から本部、または支部の購入方法に基づきお申込みください。

特集	900 号記念, 土工事
巻頭言	4 土工事データの蓄積とオープン化 渦岡 良介 (公社)地盤工学会 会長, 京都大学防災研究所 地盤災害研究部門 教授
900 号記念寄稿	5 機関誌 900 号発刊に寄せて 情報化施工推進戦略策定時の思い出 中野 正則 機関誌編集委員長 日本ファブテック(株) 顧問
	8 建設機械施工のイノベーション 森下 博之 国土交通省 大臣官房 参事官 (イノベーション)
	10 900 号発刊に寄せて 見波 潔 村本建設(株) 専務執行役員
	12 機械化から AI 時代へ 岡本 直樹 (一社)日本機械土工協会 技術顧問
900 号記念記憶に残る工事昭和篇その 2	14 記憶に残る工事 昭和篇その 2 一覧 機関誌編集委員会
	15 大清水トンネルの工事現況 宮崎 弘
	22 営団地下鉄 11 号線 渋谷~蛸殻町の建設現況 塚田 章, 大原 宜恒
	30 川治ダム工事の現況 多賀 芳治
	43 青函トンネルで開発した施工技術 井上 俊隆, 星加 博二, 秋田 勝次
	49 兎島・坂出ルート海峡部上部工工事の特徴 金沢 克義
行政情報	60 建設現場の見える化により更なる効率化を図る ICT 施工 Stage II の取組 阿久根祐之 国土交通省 大臣官房 参事官 (イノベーション) グループ 施工企画室 課長補佐
	63 国土強靱化年次計画 2024 土屋 翔希 国土交通省 国土政策局 総合計画課 主査
特集技術報文	69 場所打ち杭・地中連続壁の掘削形状の 3 次元可視化技術 3 次元計測技術「T-Pile 3D Monitor」の開発 重光 達 大成建設(株) 土木本部 土木技術部 地盤・環境技術室 専任部長 平山 哲也 成和リニューアールワークス(株) 機械統轄部 部長
	74 カルシア改質土バックホウ混合専用バケットによる施工効率化と CO ₂ 排出量削減効果 澤口 大夢 五洋建設(株) 環境事業部 海域環境グループ 係員 浜谷 信介 五洋建設(株) 環境事業部 海域環境グループ 担当部長
	80 ICT を活用した大規模造成工事の施工事例 平井 崇 ㈱奥村組 ICT 統括センター イノベーション部 i-Construction 推進課 課長 松本 将和 コマツカスタマーサポート(株) 直轄事業部 直轄営業部 担当課長
	86 デジタルツインプラットフォームによる現場施工管理の効率化 澤城光二郎 (株)安藤・間 技術研究所 フロンティア研究部 ICT・ロボティクスグループ
	91 地質 3 次元可視化による掘削支援システムの開発と生産性向上 Geo-MG [®] (ジオマシニングガイダンス [®]) 中島 亮 (株)熊谷組 土木事業本部 土木技術統括部 地質技術部 係長 片山 政弘 (株)熊谷組 土木事業本部 土木技術統括部 地質技術部 部長 石濱 茂崇 (株)熊谷組 土木事業本部 土木技術統括部 地質技術部 副部長
	96 環境負荷低減に寄与する地盤改良技術 高吸水性ポリマーを用いた高圧噴射攪拌工法「ハイブラストジェット [®] 」を開発 下坂 賢二 戸田建設(株) 技術研究所 社会基盤構築部 課長 利根 誠 戸田建設(株) 土木技術統轄部 土木技術部 次長 大野 康年 太平洋基礎工業(株) 技術本部 技術部長

	102	地盤改良の施工管理高度化へ ジェットグラウト工法にマシンガイダンス 高圧噴射攪拌工法 ICT 施工管理装置「JET-Track.Nav」 佐藤 潤 日特建設㈱ 技術開発本部 技術センター 地盤技術開発部
	106	台形 CSG ダム工事における CSG 材の全量管理技術 CSG 材表面水量全量管理システムを活用して試験員を 9 割削減 浅井泰一郎 鹿島建設㈱ 技術研究所 土質・地盤グループ 田中 恵祐 鹿島建設㈱ 技術研究所 土質・地盤グループ 岡本 道孝 鹿島建設㈱ 技術研究所 土質・地盤グループ
	112	地中連続壁工法に用いる安定液の品質管理自動計測システムの開発 ファンネル粘度および比重を自動で連続的に精度よく測定 平井 裕二 西松建設㈱ 技術研究所 土木技術グループ 吉野 修 西松建設㈱ 技術研究所 土木技術グループ 上席研究員（グループ長） 中路 貴元 ㈱三共 営業部 次長
交流のひろば	119	土工構造物施工における土工用振動ローラの最適利用に向けて 締固め性能と走破性を基軸とした土工機械の評価 福田 智行 酒井重工業㈱ 開発本部 新技術開発部 スマートローラグループ
	124	建設機械レンタルの役割と将来 事業会社 58 年の沿革をたどりつつ 宗像 国義 ㈱アクティオ 常務執行役員 レンサルティング本部長
ずいそう	130	神社巡りの楽しみ方 心に残る神社紹介 中村 恵美 コマツカスタマーサポート㈱ 直轄事業部 直轄営業部 担当課長
	133	我がふるさとの紹介 秋森 憲造 宝物産㈱ 代表取締役社長
JCMA 報告	135	一般社団法人日本建設機械施工協会 令和 7 年新年賀詞交歓会報告
CMI 報告	137	富士山静岡空港の大規模盛土工に関する技術支援 瀧本 英朗 (一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第一部 副主幹 勝又 淳至 (一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第一部 副主幹 安井 成豊 (一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 技術参事
統計	141	令和 6 年度 主要建設資材需要見通し 国土交通省 不動産・建設経済局 大臣官房参事官 (建設人材・資材)
	145	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
	146	行事一覧 (2024 年 12 月)
	150	編集後記 (副島・佐藤)

◇表紙写真説明◇

デジタルツインプラットフォームによる現場施工管理の効率化

写真提供：(株)安藤・間

デジタルツインプラットフォームを活用した、施工管理のための様々な情報共有の状況を示している。上写真では、現場の 3 次元モデルと実際の写真を組み合わせることで詳細な状況把握を促し、下写真では作業土量の感覚的な理解促進を促す。

2025 年(令和 7 年)2 月号 PR 目次

【ア】朝日音響㈱……………	後付 1
【カ】コベルコ建機日本㈱……………	表紙 2

【サ】サイテックジャパン㈱……………	表紙 4
【タ】大和機工㈱……………	後付 3
デンヨー㈱……………	後付 2

【ハ】baum 2025 ……………	表紙 3
【マ】マルマテクニカ㈱……………	後付 5
三笠産業㈱……………	後付 6

㈱三井三池製作所……………	表紙 3
【ヤ】吉永機械㈱……………	後付 3

巻頭言

土工事データの蓄積とオープン化

渦岡良介



土工事や地盤改良に関する調査・設計・施工技術は、地盤工学で扱う中心的な技術であり、技術開発の長い歴史の中で情報などの周辺技術の発展とともに日々進化してきた。本特集の巻頭にあたり関連する地盤工学会の取り組みを紹介し、土工事への期待を述べる。

地盤工学会では地盤工学会賞を毎年募集し、厳正な審査の上で表彰者を決定している。このうち、技術賞では、地盤工学・地盤防災・地盤環境等の分野の進展に顕著な貢献をした技術が活用されたプロジェクトに技術業績賞を、新技術開発およびその実用化に技術開発賞を授与している。ここ4年間の技術賞をみても表1に示すように土工事に関する技術が多く表彰されている。受賞技術の詳細は地盤工学会のウェブページ¹⁾を参照されたい。これらの受賞技術は、豪雨や地震による土砂災害・地盤災害の復旧技術、ICT施工技術

やAI画像解析を用いた施工の合理化技術、大規模盛土施工技術や自動化施工技術、盛土の補強土技術や締固め管理技術など、いずれも本特集で紹介される土工事や地盤改良に関する最新技術に関係が深いものである。近年の豪雨や地震による災害では、自然斜面や造成地の崩壊とそれに伴う土石流や天然ダム、河川堤防の破堤、人工地盤の液状化などの土砂災害・地盤災害が発生しており、これらの復旧における土工事において情報技術などを用いた合理化・自動化施工技術や地盤改良技術が用いられている。情報技術を用いた施工では地盤材料の特性などの地盤情報のデジタルデータを蓄積できることから、その後の管理などに利用することが期待できる。

地盤工学分野においても機械学習などを用いたデータ駆動型研究が盛んになっているが、その進展のためには地盤に関わる様々なデジタルデータの蓄積とオープン化が必要である。ここでのオープン化とは学術・技術の発展のために研究者・技術者に公開することを意味している。様々な機関で整備されてきた地盤情報データベース、過去の災害報告書のデータなどの災害データベースに加えて、論文等で報告されている地盤材料の試験データ、建設機械による施工管理データや現場観測データもオープン化できれば、データ駆動型研究の進展、将来的には地盤のデジタルツインの実現につながると期待できる。情報技術を用いた土工事における地盤調査・解析・施工に関するデータはその後の管理においても重要なものであり、地盤に関わるデジタルデータの蓄積とオープン化の中核をなすものと期待している。

《参考文献》

- 1) 地盤工学会 地盤工学会賞ウェブページ (https://www.jiban.or.jp/?page_id=598)

表1 土工事に関する地盤工学会技術賞（令和2年度～令和5年度）

令和5年度 技術業績賞	緊急治水対策工事におけるICT施工技術を駆使した一気通貫な合理化施工（小田川付替え南山掘削他工事）
令和5年度 技術業績賞	市街地における大規模盛土施工が及ぼす変位の影響を最小限に抑制した築堤施工（旧北上川河口部復旧復興事業における引き込み対策を併用した堤防整備）
令和5年度 技術開発賞	AI画像粒度モニタリングシステムを用いたCSG材表面水量管理システムの開発
令和4年度 技術業績賞	国内初となる災害現場における砂防ソイルセメント堰堤の自動化施工（紀伊山系直轄砂防事業赤谷3号砂防堰堤工事）
令和3年度 技術業績賞	九州新幹線（武雄温泉・長崎間）におけるGRS構造物の標準化に向けた取り組み
令和3年度 技術業績賞	平成30年北海道胆振東部地震により被災した札幌市清田区里塚地区の市街地復旧プロジェクト
令和2年度 技術開発賞	地盤剛性に基づく遮水性盛土の面的な締固め管理手法の開発

—うずおか りょうすけ

（公社）地盤工学会 会長、京都大学防災研究所 地盤災害研究部門 教授—

特集 >>> 900号記念

機関誌 900号発刊に寄せて 情報化施工推進戦略策定時の思い出

機関誌編集委員長 日本ファブテック(株) 顧問 中野正則



機関誌「建設機械施工」は、本号をもって900号を迎えることとなりました。これもひとえに、長年本誌をご愛読いただいております皆様方のお陰と改めて感謝申し上げます。

今月号は900号を記念して、国土交通省や本誌の編集委員長・編集委員をしていただいた方々などからの寄稿と、「記憶に残る工事」昭和編その2として、800号のその1（昭和34年～昭和47年の分）に続いて、昭和48年～昭和63年の本誌に掲載された代表的な工事の報文を再掲しました。この時期には2度のオイルショックで経済は高度成長から安定成長に移りましたが、バブル崩壊前であり、依然として活発な経済活動を継続しており、我が国は世界第2位の経済大国になりました。種々のプロジェクトも行われており、今から考えれば懐かしき良き昭和の時代だったと思います。皆様も当時を思い出してお読みいただければ幸いです。

さて筆者は、国土交通省総合政策局建設施工企画課（当時）の課長時代にも編集委員長をしており、平成20年6月に「700号発刊に寄せて」と題して寄稿しました。その中では、「情報化の進展・イノベーションの推進」、「環境分野への関心の高まり」、「国際化の進展」及び「新設から維持管理・更新への転換」の4つを挙げて、当時の建設施工や建設機械における動きや変化を紹介しました。それから16年以上経った現在においても、これらは依然として重要なテーマと考えられます。その中でも特に、「情報化の進展・イノベーションの推進」として、情報化施工の推進について説明しましたが、情報化施工は、その後i-Constructionに組み入れられ、BIM/CIMが加わりインフラDXへと大きく変化し、昨年4月にはi-Construction 2.0へと発展・進歩してきています。

ここでは、「情報化施工推進戦略」を策定した経緯と、その時に考えたことや今後への期待を記します。

筆者は、平成19年7月に建設施工企画課長に着任

しましたが、この課は以前の建設機械課で建設機械関係の担当課でした。当時は水門設備工事に係る入札談合事件の調査が収束した直後の時期であったため、着任時には、関連業界とのつきあい方をはじめとしてコンプライアンスの保持が強く求められ、課内の雰囲気は重苦しく感じられました。そのような中でも、着任直後の同年7月中旬に新潟県中越沖地震が発生し、災害対策機械の出動などで機械関係の職員の活躍が見られましたが、一方で地方整備局における機械職関係の組織見直しが進められていることも影響してか、課内の士気は上がらないように感じられました。

しばらくは課内の仕事の状況を観察していましたが、このままではよくないと思い、柱となる施策が必要と考え、同年10月頃、課内で室長などと相談し、情報化施工を中心施策として打ち出すことを決定しました。

なお、情報化施工については、前任課長からの引継ぎ書では、次のように書かれていました。

「……平成13年度に「情報化施工のビジョン」策定以降、地整の施工企画課が主体となって試行工事で技術的検討やTS（トータルステーション）による施工管理要領作成等を実施してきたが、地整内での認知度も低く、個別技術の矮小な議論や成果に終始している。……」

筆者自身は平成16年度に地方整備局の道路部長をしていましたが（その時代は道路部に機械課が所属）、情報化施工については1度も耳にしたことがありませんでした。引継ぎ書にもあるように、機械関係者のみの議論がなされていたようですが、一方で、平成19年頃には民間では大規模工事（ダム、土工、舗装等）を中心に情報化施工の実工事が実施されるようになってきており、このような素晴らしい技術や取り組みをこのまま眠らせておくわけにはいかないという気持ちになり、将来の普及に向けての計画的かつ戦略的な取り組みが必要と感じていました。ただし、当時は公共事業予算が削減される中で新しい投資やプロジェクトを手控えている状況であり、情報化施工の推進計画を

策定することは時期尚早ではないかという懸念がありました。しかし、「いずれ将来的には、例えば20年後、30年後にはこのような施工方法が当たり前になり、ベテラン男性に替わって若手や女性がカッコよく建設機械を動かすようになる」と確信し、「いつか始めなければならないなら、今始めよう」という思いが強くなり、推進計画作りに着手することにしました。

計画策定にあたっては検討委員会を設立する必要があり、メンバーや検討内容、スケジュールなどの案を作成し、技術関係の総元締めである大臣官房の技術審議官に説明しました。技術審議官からは、「情報化施工だけではだめで、建設施工全体に関わるICTの取り組みを考え、その中に位置付けるべきである。」というアドバイスがあったため、それに応えるべく検討を行い、再度説明を行った結果、技術審議官の同意を得たことから検討委員会設立の手続きを開始しました。再説明の際に用いた自作の1枚の資料を今でも保存しています(図-1)。今見れば、拙い図ですが、i-ConstructionやBIM/CIM等につながるようなイメージが描かれています。(なお当時は、ドローンや点群データ、AI等の技術はさすがに考えていません

でした。)

検討委員会は情報化施工推進会議と名付け、委員長は立命館大学の建山和由教授にお願いし、同会議の下に基準・制度WGと建設機械WGの2つのワーキンググループ(WG)を設け、主査として前者は筆者が、後者は鹿島道路の福川光男氏が務めました。会議は、当時としては珍しく公開で開催し、会議後には記者発表を行い関係者に興味を持ってもらうようにしました。会議資料は、建設施工企画課の企画専門官を中心とした職員と(社)建設機械化協会(現(一社)日本建設機械施工協会)の方々で合同で作成しました。

平成20年2月25日に第1回の会議を開催し、5か月間で4回の会議(WGも各4回)の後、同年7月31日に「情報化施工推進戦略」として報告書が取りまとめられました。ここで「計画」ではなく「戦略」という言葉を用いたのは、行政の他に民間や学識者の方々がそれぞれの立場でなすべきことやスケジュール、分担を書き込んでおり、単なる計画でないことを示すために、あえて「戦略」としました。内容的に見ても図や写真などを多く盛り込み、従来の行政が作る計画とは違ってわかりやすいものとなりました。なお、筆者自身は最後の第4回会議の直前に異動となったため、最終的な情報化施工推進戦略の策定時には立ち会えなかったことを非常に残念に思っています。

以上が、情報化施工推進戦略の策定までの思い出です。

それ以降の経過については皆様よくご存知の通りですが、行政と民間、関係団体等が一体となり推進体制を作って試行工事に積極的に取り組み、情報化施工に対応した仕様や基準が整備され、試行工事数も土工等を中心に大幅に増加し、国だけでなく、地方自治体でも取り組みが進められています。

情報化施工は、当初は総合政策局内の重点施策に過ぎませんでした。その後、国土交通省全体の重点施策となり、その位置付けは着実に上がり、多くの工種にも広がり、平成28年度からのi-ConstructionではICT施工としてトップランナー施策となりました。またインフラDXでは、これらのICT技術や3Dデータ等の活用が推進されており、担い手である若手労働者の不足が顕在化している建設業界において、ICT施工は生産性向上の切り札と考えられます。

なお、情報化施工推進戦略策定の約1年後の政権交代で「コンクリートから人へ」と政策転換されましたが、その前に情報化施工の推進を打ち出したことは、タイミング的にも良かったと思っています。

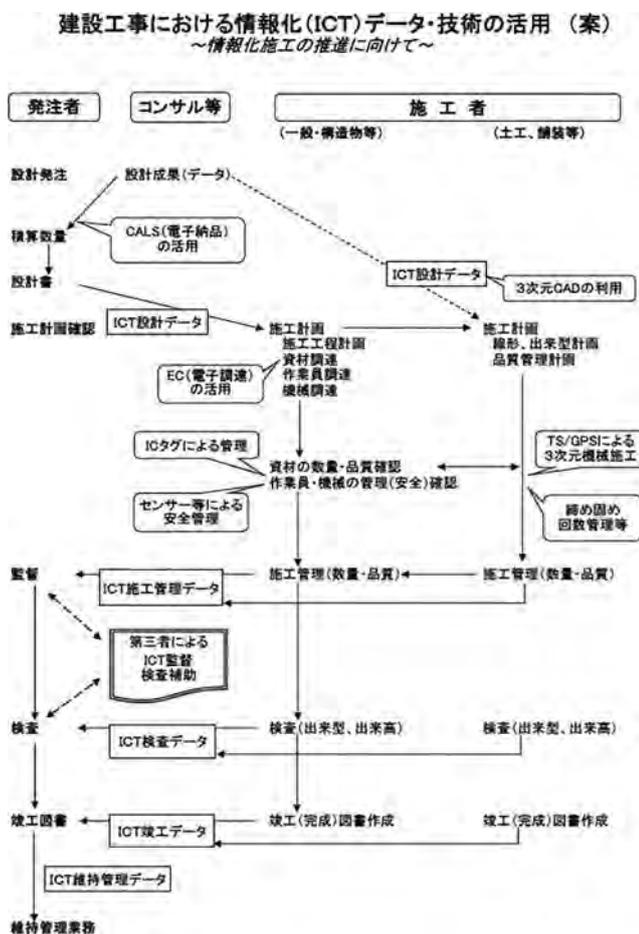


図-1 再説明の際に用いた資料

情報化施工（ICT 施工）は、明治の海外輸入機械の導入、戦後復興期の本格的な機械化施工に次ぐ第3の建設施工革命と考えられ、これによって工事の品質や安全性はもとより生産性が向上し、建設工事の魅力向上にも大きく寄与してきました。

ICT 施工をより普及させるためには、小規模工事への導入が必要で、大幅な低コストの機械・機器の開発と普及が不可欠です。また、施工段階の取得データを品質管理や施工管理へ自動連携するとともに、維持管理段階での活用を図る必要があります。その他、施工データを基に、積算システムと連携して自動的に工事の設計変更を行うシステムを構築できれば、設計変更が円滑かつ確実にに行えることから、受発注者双方の負担軽減になり、特に受注者にとっては大きなメリットになると考えられます。さらに、環境負荷低減のために ICT を活用した効率的な施工方法の開発が必要と考えます。

一方で、現場での有人による操作を基本とする情報化施工に対し、無人化施工・遠隔施工や自律施工・ロボット施工の開発・実装が現在盛んに進められています。技術的にはより高いレベルの技術開発が必要となりますが、生産労働人口減少への抜本的対策として絶大な効果があるため大いに期待したいものです。

i-Construction 2.0 では、建設工事現場を最先端の工場とするため、「建設現場のオートメーション化」に取り組むこととし、「施工のオートメーション化」が3本の柱（トップランナー施策）の一つとなっており、自動施工に向けた環境整備や遠隔施工の拡大等を目標にしています。ICT 施工については直轄工事での原則化が令和7年度から順次始まります。i-Construction 2.0 は、さらなる省人化・生産性向上を目指しており、担

い手不足の解消のために必要不可欠な施策であり、建設業の魅力向上のためにも推進が期待されます。

このような開発プロジェクトでは、得てして各分野横並びの護送船団方式的な整備手法がとられることがあり、良い技術であっても開発に時間をかけ過ぎるあまりに、民間会社等の開発意欲の減退を招くことや、動きの速い諸外国との競争に負けてしまうことが考えられます。そのようなことがないよう、有望な施策や技術等については、それだけを切り離して短時間で開発を行い実装に結び付けることが重要と考えます。

ICT を活用した施工技術は、激甚化する災害の対策工事にも利用されていますが、平常時の工事で積極的に試行することも必要です。また、今後は海外への展開も考えられます。さらには、月への居住をはじめとする宇宙開発分野での活用が期待されることから、国際競争力確保の観点からも国家プロジェクトとして積極的な取り組みや支援が必要と考えます。

前述の「700 号発刊に寄せて」では、「将来、例えば、環境に配慮した建設機械による情報化施工が施工の主流となり、さらにはロボット化が進展し、全世界はもとより海洋や宇宙において我が国発の建設施工技術が活躍するのも夢ではありません。」と書いていますが、16年以上経った今、壮大な挑戦を通してさらなるイノベーションを巻き起こし、「夢を現実に」してもらいたいものです。

最後に、本誌が建設機械施工分野の学術誌として、今後とも有用な情報を提供できるよう取り組みたいと考えておりますので、引き続き読者の皆様のご支援、ご協力をお願いいたします。

建設機械施工のイノベーション

国土交通省 大臣官房 参事官（イノベーション） 森 下 博 之



1. はじめに

機関誌「建設機械施工」900号の発刊に、心よりお祝い申し上げます。前回の記念号（800号）が発刊された2016年以降の約9年間で振り返ると、特に、AI・クラウド・高速大容量通信などのデータやデジタル技術に関する変革や、地球規模の気候変動問題に対応するカーボンニュートラルの実現に向けた変革がものすごいスピードで進んでいると感じます。

建設機械施工の分野においても、デジタル技術による技術変革が大きく進みました。800号が発刊された2016年は、i-Constructionがスタートした年です。以降、ICT施工（i-Constructionを期に“情報化施工”から呼称変更）の普及が急速に進み、現在では国土交通省直轄工事（ICT施工対象工種）の約9割がICT施工に置きかわり、来年度からは土工など一部の工種からICT施工を原則化するまでに到達しました。建設機械メーカー、測量機器メーカーもICT施工に対応したICT建機や測量機器のラインナップを拡大、レンタルも市場化されました。ICT施工の効果として、作業時間ベースで3～4割向上することが確認されており、国土交通省直轄工事での採用だけでなく、国・自治体をあげてその普及を後押ししています。最近では、中小企業省力化投資補助事業（いわゆるカタログ補助金）にICT建機や自動追尾機能付きトータルステーション等が補助金のカテゴリーに追加されました。地方自治体が発注する中小規模の土木工事におけるICT施工の普及拡大に貢献するものと期待しています。

カーボンニュートラルに対応する動きも近年大きく動いています。2020年のG20サミットで、日本でも2050年までに温室効果ガスの排出量を実質ゼロとする国際公約を掲げました。建設機械の使用に起因するCO₂低減に向けて、国土交通省ではこれまで低炭素に寄与する燃費対策を評価する基準や制度を創設して、ハイブリッド型建設機械や電動建設機械など、CO₂排出量を低減した建設機械の開発を促進してきました

が、建設機械施工のカーボンニュートラル達成に向けて、これらの取組みをより一層強化・加速する必要があります。

国土交通省の組織も新しくなりました。2023年4月に大臣官房参事官（イノベーション）が新設され、建設機械施工を担当する組織が総合政策局公共事業企画調整課から大臣官房参事官（イノベーション）グループに移行し、機械、電気通信、土木の職種から成る組織として新しく生まれ変わりました。第900号の発刊を記念して、新・参事官（イノベーション）グループが挑戦する建設機械施工の未来に向けたイノベーションの取組みについてご紹介させていただきます。

2. 建設機械施工のDX（デジタルトランスフォーメーション）

国土交通省では、i-Constructionを中核とし、施工分野のみならずインフラにまつわるあらゆる場面でデータやデジタル技術を活用する「インフラ分野のDX」（略称：インフラDX）を2020年から推進しています。2023年4月の大臣官房参事官（イノベーション）の設置に伴い、参事官が司令塔となって、これまで省内各部署が進めていたインフラDXを組織横断的、分野網羅的に進めていくこととし、①インフラの作り方の変革、②インフラの使い方の変革、③データの活かし方の変革の3つを柱とする「インフラ分野のDXアクションプラン2」を2023年8月に策定しました。

さらに翌年4月、これまでのi-Constructionの取組みをさらに発展・深化させる「i-Construction 2.0」をスタートしました。インフラDXの3つの柱の一つである「①インフラの作り方の変革」を具体化したものです。これまでi-Constructionで掲げていた“生産性向上”という目標を“省人化”にフォーカスし、2040年度までに「少なくとも省人化3割、すなわち生産性1.5倍」という数値目標を掲げました。目指す姿は「施工のオートメーション化」です。製造業の“ファクトリーオートメーション”や“生産技術”の考え方を建設

施工の分野に取り入れて、建設機械の自動化・遠隔化などのイノベーションを実現する取組みです。

この背景にある課題は、今後、建設業において深刻な担い手不足が懸念されることです。日本の就業者の高齢化が急速に進行し、特に建設業では就業者のうち55歳以上が既に約4割を占めています。また、2040年には、生産年齢人口（15～64歳）が2割減少することが予測されています。一方で、建設後50年以上経過するインフラ施設の割合は今後、加速度的に高くなります。インフラメンテナンスにおいても担い手不足は避けられないでしょう。加えて、記録的な降雨や降雪、台風による水害や土砂災害が近年、激甚化・頻発化しており、インフラ整備や日常的な点検・維持管理による防災・減災対策や、災害発生時の迅速な復旧・復興作業の重要性はますます高まるでしょう。国土の安全・安心、経済社会基盤を支える人流・物流の確保など、地域の守り手として国民生活に不可欠な存在、エッセンシャルワーカーである建設業において担い手が不足することは、日本全体にとって極めて深刻な課題です。

このような担い手不足の課題に立ち向かうために、i-Construction 2.0が掲げる省人化の実現が建設業界からも期待されています。今よりも少ない人数で、安全かつ生産性が高い建設現場にすることは、働く方々の生産量や付加価値とともに賃金水準の向上にもつながります。建設機械のオペレーターも快適な環境で工事が進められるようになり、建設業界の完全週休二日制の実現など、他産業と比較しても遜色ない労働環境にもつながると考えています。

3. 建設機械施工のGX（グリーントランスフォーメーション）

気候変動問題への対応は人類共通の課題であり、日本においても2030年度の温室効果ガス46%削減、2050年カーボンニュートラルの実現という国際公約を掲げています。建設機械の稼働により排出されるCO₂排出量は、国内産業部門の1.7%を占めており、建設機械施工分野においてもカーボンニュートラル達成に向けてしっかりと取り組む必要があります。

2023年7月に閣議決定されたGX推進戦略（脱炭

素成長型経済構造移行推進戦略）においても、『建設施工に係る脱炭素化の促進を図る』とされ、2023年10月には、参事官（イノベーション）グループにおいて、内燃機関以外の電動や水素など新たな動力源による建設機械の普及促進を図る「GX建設機械認定制度」を創設しました。まずは市場導入が始まっている電動式の建設機械を対象にスタートし、2024年末時点で電動油圧ショベルと電動ホイールクレーンの19型式を認定しています。併せて、経済産業省および環境省と連携して、この認定型式を導入する事業者に対して、建設機械や充電設備の購入経費の一部を補助する制度（建設機械の電動化促進事業）も2024年度からスタートするなど、建設機械施工のGXに向けた環境が整いつつあります。

4. おわりに

オーストリアの経済学者ヨーゼフ・シュンペーターは、1912年の書著『経済発展の理論』の中で、イノベーションを「価値の創出方法を変革して、その領域に革命をもたらすこと」と定義しており、経済発展には、人口増加や気候変動などの外的要因よりも、イノベーションのような内的要因が大きいとしています。また、シュンペーターは同著にて、イノベーションを「新結合」という語を用いてイノベーションの概念を説明しています。単体ではすでに存在するもの、それまでに組み合わせたことがない要素同士を結びつけることで、新たな価値を創造するというものです。

本誌『建設機械施工』の前身である『建設の機械化』の創刊が昭和24年、翌25年に建設省に建設機械課が設置されました。今年が昭和100年にあたります。これまで産学官が一丸となって“建設の機械化”というイノベーションを実現してこられた諸先輩方のDNAを受け継ぎ、“イノベーション”という名称を冠して生まれた参事官（イノベーション）グループが、様々な分野の皆様と共に議論し、建設機械施工の未来に向けたイノベーション（新結合）を実現するエンジンとなって、次回の1,000号記念号に向けて邁進してまいります。引き続き、関係の皆様方のご指導をよろしくお願いいたします。

900号発刊に寄せて

村本建設(株) 専務執行役員 見波 潔



日本建設機械施工協会の機関誌「建設機械施工」が、1949年7月の創刊以来、第900号を迎えられることになり、心からお慶び申し上げます。

75年を超える長きに亘って貴重な情報を提供し続けてこられた関係者の皆様、執筆者の皆様に敬意を表するとともに、機関誌発行を支えていただいた会員各位と読者諸兄に対し、わずかなりとも編集に携わった者として御礼を申し上げます。

機関誌と私

本協会の機関誌との出会いは、1980年代（昭和50年代後半）になります。私が建設省土木研究所に入所し、機械施工部施工研究室に所属していた頃です。当時の機関誌「建設の機械化」には「文献抄録」というコーナーがあり、海外の面白そうな文献を見つけてはその抄録を作り、掲載する役目を担当しました。まだ若かりし頃で経験も浅く、「どの文献が役立つか」「何が新しいか」といったことも十分に分からないまま文献を選んでいくかと思うと、今更ながら汗顔の至りです。

時を経て、2011年（平成23年）から本協会の事務局長、業務執行理事として協会の運営に携わることになりました。当時は公共事業費の削減や法人改革の嵐が吹き荒れ、協会も経営が大変苦しい時期でした。経費削減が求められる中、機関誌の在り方も議論になりました。様々な意見がある中、協会の存在を世に知らしめるツールとして、また、会員に最新の情報を提供するツールとしてその重要性を改めて認識し、毎月の定期刊行を堅持することとしました。この判断は今でも正しかったと確信しています。

協会を退職した後、機関誌編集委員長を拝命し、2017年1月号（803号）～2021年5月号（855号）の企画・編集を担当させていただきました。i-ConstructionやDXの施策が進められ、建設機械施工が果たすべき役割がどんどん大きくなる時期にあって、いかに読者の期待に応えられる情報を提供するかという点に腐心しました。大勢の編集委員のご協力と執筆者の皆様に

助けられ、何とか職責を果たすことができました。

建設機械施工との関わり

私は1979年（昭和54年）に建設省に入省し、土木研究所機械施工部施工研究室の研究員となって建設機械施工の分野に関わるようになりました。土工を中心に研究を始めてしばらく経った頃、研究室に一つの命題が課されました。「国が施工技術の研究をする必要があるのか」「施工技術はゼネコンの分野ではないか」という問いに答えよというものでした。この課題が、建設省本省から出たものだったのか、予算査定する組織から出たものだったのかは記憶が定かではありません。隣には「機械研究室」があり、建設機械メーカーの研究とは異なる立場での研究がなされていましたが、同様の課題提起があったと思います。

経験の乏しい私には非常に難しい命題でした。上司・先輩と随分議論をしました。議論の前提として、「建設機械施工のない建設現場はあり得ない」「建設機械施工を主に担うのは施工業者ではあるものの、国（発注者）が行う調査・設計・積算・施工監督・検査・維持管理は「施工」と密接不可分であり、発注者側の組織にも相応の技術力が求められる」というところは理解をされました。

ところが議論を進めて、具体的に国が持つべき技術力とは何か、そのためにどのような研究をすべきか、というレベルになると議論百出でした。「産学官の役割分担を明確にすべきである」と主張される方々が多く、工種ごとに分担表を作ることを指示されたのですが、私はこの作業に違和感を覚えました。その第一の理由は、建設機械施工の分野は様々な組織が技術開発するにしても、最終的に実用化されるためには産学官の協働が不可欠と考えていたからです。また、二つ目の理由として、建設機械施工分野の将来予測などは簡単なものではなく、技術は日進月歩なので、現状認識の延長線上で分担表を作ることに意義を感じなかったからです。

その頃から、建設機械施工技術の高度化の機運が高まり、1983年（昭和58年）からは「エレクトロニクス技術利用による自動土工機械の開発」（当時はICTという言葉はなかった）の研究が土木研究所でも始まりました。私は、「振動ローラの加速度応答を活用した締固め管理」のテーマを担当しましたが、その後、各方面で研究が続けられ、現在ではこの管理手法が実装されるようにまでなりました。

2006年（平成18年）に再び土木研究所に赴任すると、私が担当した技術推進本部の先端技術チームでは「ショベルの自動運転」のテーマに取り組んでいました。今ではマシンコントロールのショベルも普及していますが、当時は研究開発の先駆けでしたので、予算要求書の書き方にも苦労しました。当時はまだ「ショベルの無人運転」という目標について生産性向上の必要性や将来のオペレータ不足という観点からは理解が得にくく、「災害時の危険作業の回避」という観点を強調した記憶があります。

国土交通省を退職後、日本建設機械施工協会の施工技術総合研究所長として建設機械施工分野に関わることになりました。一方、国土交通省ではICT、i-ConstructionやDXの施策が進められ、建設機械施工の分野はその中心を担うようになりました。産学官共同の研究プロジェクトも盛んになり、また従来の土木工学・機械工学の枠組みを越えた広い分野の技術も取り入れられるようになりました。建設機械施工の土俵は大幅に広がり、むしろ「土俵」という概念がもはやないのかもしれない。

研究開発の領域の広がりに伴い、国の研究機関もそのニーズに応えるべく組織改編が行われ、基礎研究から幅広い応用研究、各種基準作りなどが行われています。かつての土木研究所機械施工部機械研究室・施工研究室が、（国研）土木研究所の技術推進本部先端技術チームや地質・地盤研究グループ施工技術チーム、さらには国土技術政策総合研究所社会資本マネジメント研究センター社会資本システム研究室・社会資本施工高度化研究室・社会資本情報基盤研究室などへと大幅に領域を広げて引き継がれていることに大いなる感慨を覚えます。

魅力ある機関誌となることを願って

日本建設機械施工協会には設立当時から受け継がれている理念があります。「建設の機械化は機械を製造するメーカーだけでなく、発注機関である官公庁、機械を使用する建設業、維持修理を行う整備業、新しい機

械を輸入する商社、研究機関など、建設の施工に関わるあらゆる関係者が一堂に集い、研鑽することが最も重要である」ということです。

協会の目的を達成するために、各種部会・委員会活動や「建設施工と建設機械シンポジウム」などを通じて関係者が研鑽を積む場が設けられているのに加え、毎月機関誌を発行し、各種の最新技術はもちろんのこと、行政情報や学術論文を掲載するなどして、協会活動の一翼を担ってきました。今後、機関誌がその役割を粛々と果たすとともに、さらなる魅力あるものへと発展していくことを願って止みません。

魅力ある機関誌となるためには、会員や読者の声をお聞きすることが重要なことは言うまでもありませんが、僭越ですが私なりに思うところを三つ述べさせていただきます。

まず一つ目は、「若者にとって魅力ある機関誌になること」です。建設機械施工及びその周辺の分野に入職された若い技術者（必ずしも技術者とは限りませんが）にとって親しみ易くて魅力ある機関誌となっているかどうか、考えてみる必要があるのではないのでしょうか。記事の内容が魅力的でなければならないのは当然ですが、外形的に記事の種類・数・文字量は適切か、図表・写真のカラー化の必要性なども検討の対象になるかもしれません。また、QRコードなどを介して他の媒体に誘導することで、読者がさらに情報にアクセスしやすくするお手伝いをするといったことも考えられます。

二つ目は、「建設機械施工分野が進むべき将来の方向性をいち早く提示すること」です。例えば、担い手不足は我々が思っている以上のスピードで進んでいることを踏まえ、省人化・オートメーション化・ロボット化の促進につながる記事を積極的に掲載することが考えられます。他にも、低炭素社会に向けた取り組みを先導するような特集を増やすことも重要と考えます。

三つ目は、「他分野の技術者からも注目されるような機関誌を目指すこと」です。建設機械施工の分野には既にIT分野の方々が多く関わっておられますが、今まで考えられなかったような分野との連携に大きな可能性を秘めています。また、海外も含めればこの分野は市場も大きく、他分野からの参入を促すような情報提供ができることを期待しています。

900号という節目の記念号にもかかわらず個人的な思いを書かせていただきました。駄文を最後までお読みいただき、ありがとうございます。機関誌「建設機械施工」が協会活動の発信機能を果たすことにとどまらず、建設機械施工をより良い方向に導く役割を大いに果たすことを期待しております。

機械化から AI 時代へ

(一社) 日本機械土工協会 技術顧問 岡本直樹

「建設機械施工」の創刊 900 号おめでとうございます。建設の機械化を国策とし、その推進機関として「建設機械化協会」が昭和 25 年に創設されました。機関誌の創刊は、協会設立前年の協議会時代のタブロイド判からですが、協会と私が産声を上げたのは同年で、年齢も私と同じなので、シンクロして年代を辿れます。900 号を節目として、過去を振り返り、未来を垣間見てみます。

日本の建設機械化の事始めは、早くも明治 3 年に浚渫機械を輸入し、本格的な機械化施工は明治 32 年の淀川改修工事からです。しかし、昭和初期の大恐慌で、失業者の雇用対策として建設機械の使用が禁止され、機械化は終焉を迎えます。そして太平洋戦争が始まり、航空戦時代を迎え、制空権の争奪戦が実は飛行場建設競争であると気付くことになります。米軍は海軍設営隊 Sea Bees による機械化施工でジャングルに 1 週間程で飛行場を建設するが、わが軍は人力で 3 ヶ月は掛かり、この懸隔を埋めるべく急遽、建設機械の緊急開発が開始されました。しかし、見掛けは兎も角、その性能差は克服できなく、海上輸送も儘ならず戦力化を果たせませんでした。

戦後は、進駐軍が建設機械装備を飛行場拡張工事に投入し、その工事を通じて国内の施工業者が機械化施工を習得し、その払下げ機械で装備化が始まりました。また、廃墟と混乱の中で、国土復興を急ぎ機械化に奮闘した有志が協会を創設し、財政貧窮の中で建設機械整備費を捻出し、拙劣な国産機械を辛抱強く育てた人々がいました。協会設立が国産メーカを育て、機械化施工により国土基盤を急速に整え、高度成長を支えた役割は非常に大きく、改めて敬意を顕したいです。

今日、日本の建機メーカは世界有数のメーカとなっています。戦前から模倣によりなんとか国産化を成し、戦後は先進国メーカの技術提携を受けて技術習得と研鑽に努めました。昭和 50 年代になると建機の王様だったブルドーザが激減し、油圧ショベルと王座を交代しました。この頃から世界市場を席卷し、世界有数のメーカに育って行きます。建機メーカは、世界的

に合従連衡が続き、嘗て技術提供を受けた師匠メーカを逆に日本メーカが、吸収買収していくことになり、隔世の感となりました。

私も 70 年代から機械施工に関わってきたので、建設機械への愛着は深いものがあり、施工者の立場から機械施工を覗てきましたので、その観点から振り返ってみたいと思います。建設機械群を指揮していた若い頃、機械群のマヌーバ（機動）をプロットボードに自動表示するのを夢見ていましたが後年、GPS の登場によりそれは実現しました。

1979 年に登場したマイコン（PC8001）は、早速購入して業務に使い始め、作業量計算、走行シミュレーション、マスクープや線形計画法による土配計画等をコーディングしました。また、70 年代後半から数理計画手法による施工機械群の施工計画の秀逸な博士論文が、幾つか上梓されていたので勉強になりました。平成時代に入ると、ミリ波灯台を利用した遠隔監視制御の開発に携わり、土工計画システム開発の他、グラフィック・ワークステーションと地形用 3D-CAD を導入し、施工計画段階の工事用道路の設計、切羽・盛土の 4D 展開を行い、今日の BIM/CIM のフロントローディングを先取りしていました。

そして、1990 年に入ると GPS（単独測位）を利用した DT 稼働モニタリングが始まり、1994 年の RTK-GPS の On-The-Fly 化で誘導制御が可能となり AHS 導入へと進み、自動運転が始まります。建設業界では情報化施工等のデジタル化に取り組みましたが普及は遅々としていました。そこで、2012 年に BIM/CIM の試行を始め、2016 年の i-Construction から一気呵成に導入・普及を図り、施工プロセスの効率化・生産性向上を進め、2020 年頃から建設 DX の取り組みも始まり、i-Construction 2.0 では施工のオートメーション化を目指しています。

第 3 次 AI ブームの原動力となったディープラーニング（深層学習:DL）は、コンピュータが不得手だったパターン認識で人間を凌駕し、建設分野でも人や建設機械等の画像認識で活用しています。そして、近年

の ChatGPT の登場により生成 AI 革命が進行し、大規模言語モデル (LLM) の構築と AI データセンター (DC) の建設が急ピッチで進められています。企業活動では、LLN に社内データ等を付加した RAG (検索拡張生成) の利用が始まっています。製造業でも RAG の導入が進んでいて、PoC (概念実証) 段階から本格活用が活発化しています。GAFAM が LLM と DC を寡占していますが、彼らは公開データしか保有していません。日本の製造業には製造データを持つ優位性があり、蓄積データやナレッジの活用が進められています。

では建設業はどうか？ 遅ればせながら建設業でも RAG 等への取組みが始まっていますが、文章作成や画像生成等の試行段階で、施工への利用までは進んでいません。建設業者に眠っている現場のノウハウは多いが、データ化は難しい。社内データとして保有している企業も自社データだけでは足りず、建設専用 AI データセンターの必要性が浮上しています。

一方、LLN はマルチモーダルに深化し、AI エージェントの開発に発展しています。マルチモーダルに対応した AI は、「記号接地問題」も克服するでしょう。AI エージェントの施工での利用は、施工計画、施工管理、操機等が考えられますが、AI エージェントの段階になるとオンプレミスでは難しく、巨大テックが構築する基盤上 (プラットフォーム) に築くと、そのエコシステムに深く組み込まれそうな懸念があります。

さて、これから先はどうなるか？ AI 技術の動向を観ていると、建設機械の将来の機序が見えてくるので、現在地から AI 技術を投影してみます。近頃、マルチモーダル LLM によって、外界を認識できるようになり、AI に欠けていた身体性の獲得へも前進して

います。ロボットや自動運転車が周辺環境を認識し「世界モデル」を構築して、行動計画と動作生成を始めました。また、拡散モデルを応用したロボットの行動生成の研究が始まっていて、これらの技術はやがて建設機械の自律制御にも移転してくるでしょう。そして、移動ロボットには学習済みマルチモーダル LLM から小型言語モデルにキュレートした推論用エッジ AI が搭載されるでしょう。現在の建設機械は、生成 AI からまだ程遠い位置にいて、自称の自律建機も「AI 基盤モデル (FM)」を搭載していませんので、LLM 参照や推論ができません。現状の自律的作業は、技術者が遠隔監視していて、必要に応じて介入します。現場フォアマンの声に従うには、マルチモーダルな FM が必要となります。

自律建設機械は、地形図のどの位置にいるかを GNSS 等で捉えています。作業状態はカメラ情報から確認して、次の状況を予測して動かさねばなりません。

現状はルーチンワークである個別作業 (掘削・積込み、敷均し、スロットドージング等) の自律化段階ですが、非ルーチンワークの段取作業を自律化するには、段取目的に向けて、目的形状の造形と段階的地形変化の予測と修正を繰り返す、他への影響等の推論も必要です。しかし、訓練に必要な実世界でのシナリオデータの不足が課題となります。そこは無数のバーチャル世界の生成によりデータ不足を補うことになりそうです。

以上、AI 技術の動向から将来の機械土工の一局面を想像してみましたが、取留めのない話となりました。1,000 号が出る頃には、更なる技術加速とパラダイムシフトにより、自律 AI 建設機械群が存分に活躍していることでしょう。

特集 >>> 900号記念

記憶に残る工事 昭和篇その2 (昭和48年～昭和63年) 一覧

機関誌編集委員会

年代区分	掲載号	報文タイトル	選定理由
S48 (1973) ～ S50 (1975)	昭和49年1月号 (1974/1)	大清水トンネルの工事現況	上越新幹線工事の上毛高原駅と越後湯沢駅間にある大清水トンネルは、1971年(昭和46年)に建設工事を開始、1979年(昭和54年)に貫通している。全長(L=22.28km)の山岳トンネルは当時世界最長(1988年青函トンネル貫通まで)であった。岩盤の特徴は「山はね」現象が多発して作業員の負傷や作業機械の損傷が相当数発生、また掘削に伴う湧水は水温9℃～12℃程度の低温であり作業の進行に影響を生じた。本坑は6工区に分かれ報文では各工区の掘削工法採用理由、施工概要、施工上の問題点などをコンパクトにまとめている。
S51 (1976) ～ S53 (1978)	昭和52年11月号 (1977/11)	営団地下鉄11号線 渋谷～蛸殻町の建設現況	本報文は、昭和48年に着手された地下鉄半蔵門線の工事現況(1977年当時)についての報告である。この路線は、既設線との交差などの関係から、土被りが40m以上の箇所が存在する。このため、駅間の走行トンネル部はシールド工法による円形トンネルとして計画され、また永田町駅と三越前駅の2駅についてはシールド工法を用いた「めがね形シールド駅」となっている。戦後の地下鉄建設工事において、開削工法区間の割合がシールド工法区間に対して減少した重要な変化点となった工事であり、シールド機の変遷を理解する上でも非常に貴重な報文である。
S54 (1979) ～ S56 (1981)	昭和55年11月号 (1980/11)	川治ダム工事の現況	堤高140mのアーチダムとしては黒部ダム、温井ダム、奈川渡ダムに次ぎ、国内4位の高さのダムの工事現況である。昭和49年に掘削工事に着手以来、ほぼ順調に進捗し、昭和55年11月には本体コンクリートの打設を完了し、昭和56年4月には試験湛水を行える見通しとなっている鬼怒川および利根川下流部の洪水調整、特定かんがい、ならびに都市用水の供給を目的として建設する特定多目的ダムの現況について紹介している。
S57 (1982) ～ S59 (1984)	昭和58年4月号 (1983/4)	青函トンネルで開発した施工技術	青函トンネルの先進導坑が同年1月に開通し北海道と本州が陸路で結ばれた。 ここまでの施工にあたっては当時の鉄道トンネル技術の総力が結集され、斜坑掘削の着手以来18年超を要したが、これにより完成が確実となったこの機に、先進ボーリング、注入工法、吹付コンクリート、SEC工法、膨張性地山における施工法など様々な採用技術の概要を解説している。 青函トンネルという、昭和39年の着手から昭和60年の完成まで21年を要した戦後屈指の大型プロジェクトの節目となった工事である。
S60 (1985) ～ S63 (1988)	昭和63年3月号 (1988/3)	児島・坂出ルート海峡部上部工事の特徴	本州と四国を結ぶ世界最長の道路・鉄道併用橋である瀬戸中央自動車道(早島IC～坂出IC間)(瀬戸大橋)は、着工から約9年6月の工期を経て、昭和63(1988)年4月10日に完成した。その児島・坂出ルート海峡部上部工事の特徴として①連続した鋼及びコンクリート長大橋②道路・鉄道併用橋③大型クレーン船での大ブロック架設④大規模振動実験による実橋の動的特性照査、などがあり、本報文では、③大型クレーン船による大ブロック架設について記載している。 ケーブルアンカーフレームや塔下部大ブロック、各桁大ブロックの架設は、3,000tづりFCにより輸送・架設を行ったものである。

記憶に残る工事 1. 昭和49年1月号 (第287号)

大清水トンネルの工事現況

宮崎 弘*

1. まえがき

上越新幹線工事は昭和46年10月14日運輸大臣の工事实施計画認可により現在は全線にわたって測量、地質調査、用地買収等を行っており、すでに用地買収終了地域においては高架橋工事が着工されている。特に用地買収の不必要である河川工事、トンネル工事等は大部分がすでに着工し、最盛期を迎えている。特に大清水トンネル (L=23.28km) は山岳トンネルとしては世界最長であり、技術的に上越新幹線の工期を制するものであるので、地形的な制約のため現在8工区にこれを分割して請負工事により施工中である。

2. 地形・地質の概要 (図-1, 図-2 参照)

(1) 地形および地質

大清水トンネル付近の地形は上越国境の分水嶺である

三国山脈があり、谷川岳 (1,963 m)、一の倉岳 (1,971 m)、万太郎山 (1,954 m) 等の2,000 m級の山が連なり、これらを源流として太平洋側には利根川、日本海側には信濃川の支流の魚野川がそれぞれ急峻な峡谷をなして流下している。

地質の概要は図-2のようである。断層については、いくつかの断層破砕帯があるが、規模は大きなものではないと思われる。大部分の地質は非常に堅固なる石英閃緑岩で圧縮強度 2,000 kg/cm² 前後、まれには 3,000 kg/cm² の超硬岩もある。

(2) 山はね

山はねはアルプスのトンネル工事の掘削および清水トンネル、新清水トンネルの掘削中にも発生して相当数の傷害事故を発生させた非常に危険な現象で、今回のトンネル工事でも土被り1,000 m以上の区間1,500 m程度に発生するものと考えられている。非常に特殊な現象で原因は弾性歪のエネルギーが均質な岩石中に集積して限界に達した際に岩石が飛散して解放されるために起るといわれている。弾性歪のエネルギーは圧縮応力 (≡地山の土被り・密度) の2乗に比例する。

山はねの起り方はトンネル面が不整で部分的に応力集中が起りやすい個所で発生する。最終的にはスムーズなトンネル面を形成する。岩石の飛散状況は剝離した片状を呈する。また、発生時期は、掘削直後に大部分は終了するが、まれには数時間～1週間後に起ることもある。これの対応策としては、トンネル掘削面をスムーズに掘削するためスムーズプラスティング工法で掘削を行う。また全断面掘削

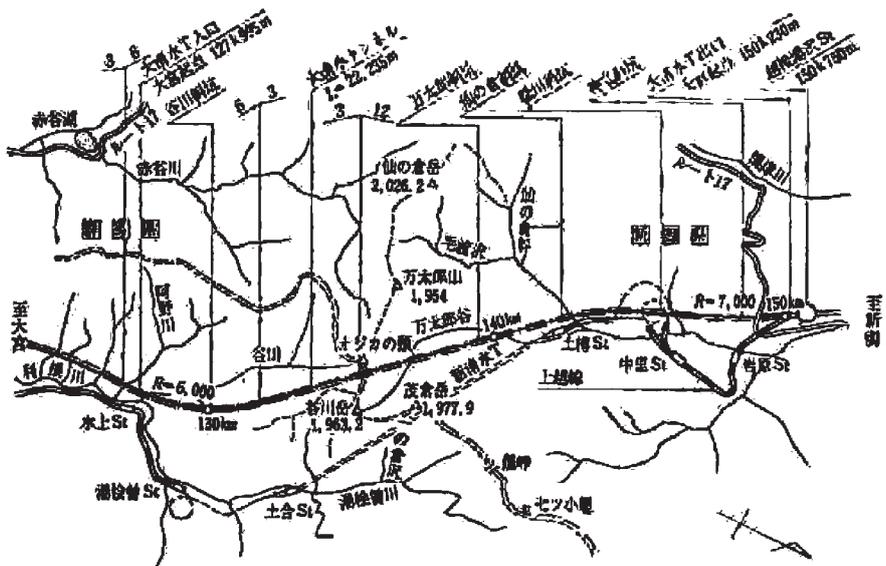


図-1 大清水トンネル付近地形図

* 日本鉄道建設公団新潟新幹線建設局長

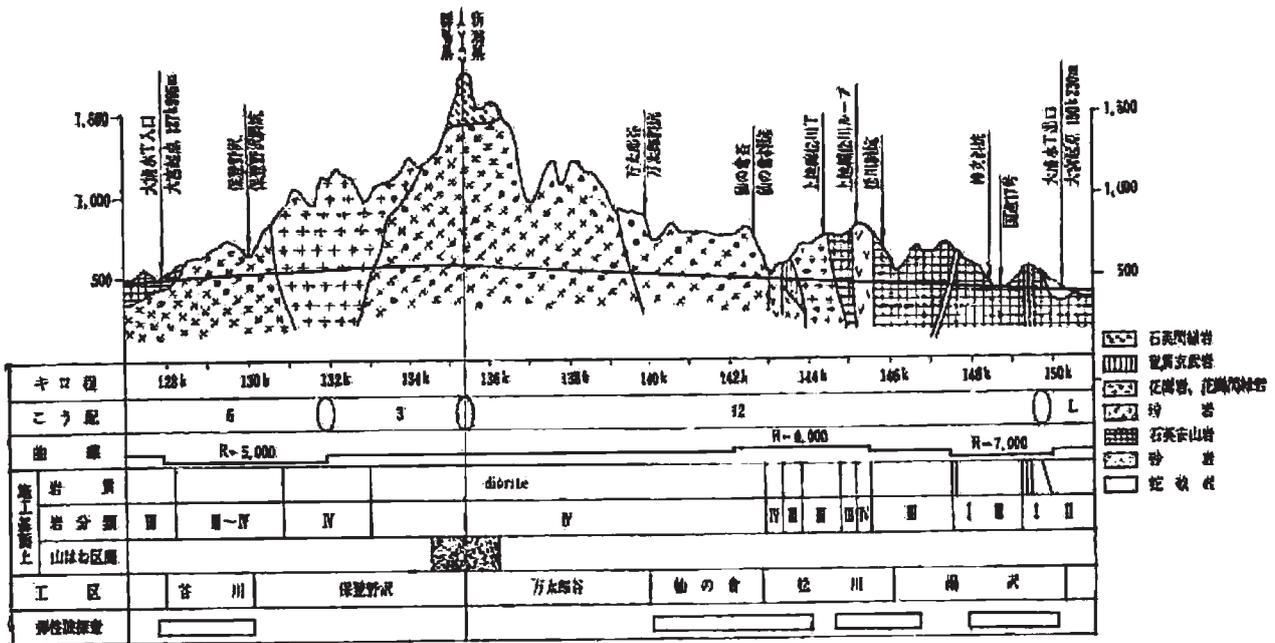


図-2 大清水トンネル地質縦断面図

ジャンボにプロテクタを設備する。その他鉄製支保工を全面的に行う。

(3) 湧水

トンネル掘削においては、湧水は地質の良否と同様に重大なる影響を及ぼす。特に斜坑等によりトンネル掘削する場合には重大なる人命事故等にもかかわることが生ずる。湧水地点と湧水量を的確に把握することは極めて困難であるが、地質構造、地盤の節理、地下水の流水範囲等を事前に調査することによりある程度の湧水量の想定は可能である。トンネルの湧水には浸透水のように長期間に現われる恒常湧水と、大量の水が突発的に現われる集中湧水とに分けられる。特にトンネル掘削で問題になるのは集中湧水である。大清水トンネルでは水温が9℃~12℃程度の低温であるので、湧水の完全なる排水をしないと労働者の健康に悪影響を及ぼし、欠勤率を増して稼働率を低下し、作業進行に重大な影響が生ずる。また、掘削時には踏元のさく孔、装薬等が困難でサイクルタイムが延長し、ずり出し作業が遅延する等、トンネル掘削の進行に重大な影響を及ぼす。

特に斜坑等では異常湧水またはポンプの故障等により一度トンネルが水没すると坑内の設備機械等の復旧および修理、その他切羽のストップ等により甚大なる被害が発生する。これを防止するために先進ボーリングによる湧水の探知、揚水設備としては余裕あるポンプ設備、予

備貯水槽である。当トンネルではポンプ設備は予想恒常湧水量の2倍の容量、予備貯水槽は20~30分程度の容量を有するものを設備している。また予備電源としてはディーゼル発電機を準備し、停電に備えている。特に当地は冬期間3~5m程度の積雪があり、雪崩の危険があるので十分な防護設備、特に送電に対して行っている。

なお、各工区の湧水想定量は表-1のようである。

3. 本坑の設計

本坑断面は図-3のように山陽新幹線(岡山~博多間)および東北新幹線と同一である。曲線用と直線用があるが、直線用は半径7,000m以上のものに適用する。覆工コンクリートは巻厚50cmおよび70cmで、特に地質不良箇所では巻厚90cmとしてインパートを考えている。また、下水については、センタードレンを考えている。本坑の掘削は先進導坑上部半断面切抜げを標準工法としているが、地質等の状況により別工法の指定をすることにしており、請負者等の願出により変更したものもある。

次に各工区の掘削工法を略記する。

- 谷川工区：上半先進タイヤ工法
- 保登野沢工区：全断面掘削工法
- 万太郎谷工区：全断面掘削工法
- 仙の倉工区：底導先進上半切抜げ工法

表-1 各工区の湧水想定量

工区 種別	単位	各工区							備考
		谷川	保登野沢	万太郎谷	仙の倉	松川	湯沢		
工事中断湧水量	m ³ /min	2.8	27.0	29.8	6.5	10.5	2.1	群馬方 29.8、新潟方 53.8	
恒常湧水量	m ³ /min	4.4	21.3	20.7	7.2	9.5	2.4	群馬方 25.7、新潟方 42.9	

松川工区：底導先進上半切掘り工法
 湯沢工区：上半先進タイヤ工法

のようである。

支保工は鋼アーチ支保工で 200 H, 175 H, 150 H の 3 ピースを使用している。地質の状況によりロックボルトの使用も考えている。

また、コンクリート運搬については、立坑により本坑に落下させて運搬する工区は保登野沢、仙の倉、松川工区であり、直接生コンクリート運搬車により持込む工区は谷川工区、湯沢工区である。さらにドライミックスコンクリートによる万太郎谷工区等がある。以下、各工区の施工法について述べる（表-2 参照）。

4. 横斜坑の設計

横斜坑の断面は A, B の 2 種類とし、A 形は工区延長も長く、大口径の排水管、空気管、大形機械の投入の必要な保登野沢、万太郎谷工区、B 形はそれ以外の工区に採用した。覆工の巻厚は 30~50 cm とし、地質良好なる箇所は厚 10 cm 程度の吹付コンクリートを施工している（図-4 参照）。

斜坑の掘削は全断面で施工した。支保工は 125 H, 150

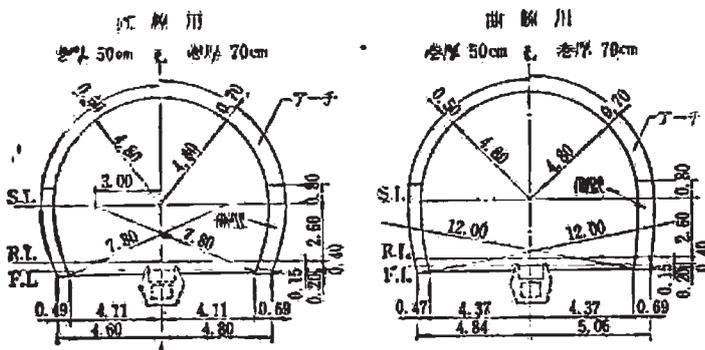


図-3 本坑断面図

表-2 各工区の施工概要

工区名	谷川	保登野沢	万太郎谷	仙の倉	松川	湯沢
工区延長(m)	2,005	3,600	3,200	2,750	3,300	4,030
未契約延長(m)		1,750	1,600			
斜坑長	傾斜部 水平部 計	横坑 67 58 483	806 138 944	544 117 661	302 328 630	神立 152 鳩小 123 36 36 188 169
工法	ダンプトラック	ベルトコンベヤ	ベルトコンベヤ	鋼車巻揚	鋼車巻揚	ダンプトラック
コンクリート	生コン車	投入立坑	投入立坑	投入立坑	投入立坑	生コン車
施工費	成建建設	前田建設	大成建設	佐藤工業	鹿島建設	熊谷組
当初計画金額(百万円)	1,975	3,150 (その1)	3,070 (その1)	2,050	2,085	3,305
工期	47.8~50.1	46.12~50.3	46.12~50.3	47.3~50.3	46.12~50.3	47.2~50.3
担当建設所	水上鉄道建設所		湯沢鉄道建設所			

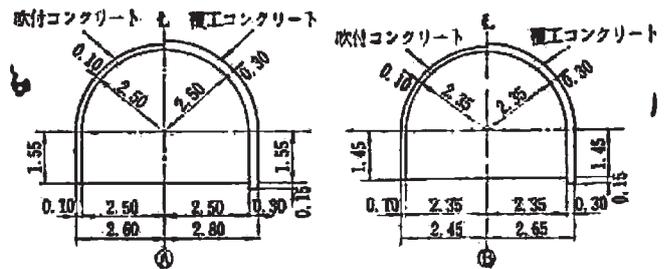


図-4 斜坑断面図

Hを使用した。斜坑のこう配は 1/4 である。本坑のずり出しは斜坑の延長が 300~800 m となり、インクラでの巻揚げでは能率がよくなく、かつ安全管理上問題があるのでベルトコンベヤによるものと設計したが、仙の倉、松川工区は業者の願出によりインクラによる巻揚方式とした。

5. 谷川工区

本工区は大清水トンネルの入口、大宮起点 127 k 995 m~130 k 000 m までの $l=2,005$ m で、現在の進行は上半で 1,100 m である。

本工区の掘削工法は請負業者の願出により上部半断面先進タイヤシステムである。当工区の岩質は坑口付近が一部変質玄武岩、大部分は石英閃緑岩で、弾性波速度は 3.7~5.5 km/sec の良質のものである。この付近の石英閃緑岩は大清水トンネルの中心部付近の石英閃緑岩よりも比較的やわらかい岩質である。

(1) 掘削工法採用理由

本工区は大清水トンネル入口に位置し、本坑への取付は横坑 $l=67$ m で簡単に取付くこと、次に横坑口付近が地形上、県道および谷川等にはさまれ、レールシステムの設備が必要とする用地が取得困難であることによる。

(2) 施工概要

横坑断面積は当初設計の内空断面積 12.4 m²であったが、タイヤシステムの採用によりトラックミキサの高さの制限で SL 以下を 1.4 m 長くし、内空断面積を 19.0 m²に変更した。

本工区の着工は当初横坑掘削開始が昭和 47 年 10 月を予定していたが、地元との協議の関係で 12 月に掘削開始し、2 カ月の遅れである。その後順調に横坑掘削を完了し、本坑掘削も比較的順調である。ただし、128 k 584 m 付近で延長約 15 m、約 300 m³ 程度の崩壊事故があり、復旧に 1 カ月程度を要したが、現在のところ別

段竣工期限等には影響なく、工事が完了できる見込である。

横坑の掘削はトラックジャンボによりさく岩して（レックドリル使用）一気に全延長を掘削し、その後コンクリート巻立を行った。

本坑掘削は上部半断面タイヤ工法の採用により上半ジャンボ（D-95 ヘビードリフタ9台）で行い、コンクリート巻立は $l=15\text{m}$ のスチールフォームでコンクリートポンプにより打設している。

（3）施工上の問題点

当工区ではタイヤ工法で片押し延長 2,000 m と長大であり、排気ガスの換気について検討を要する。現状はコントラファン 37 kW×2 台、軸流ファン 15 kW×2 台で 1,101 m まで掘削中である。現在の換気方式ではせん孔、支保工建込作業中は十分であるが、ずり出し中はダンプトラック、ずり積み機（CAT 955）の排気ガスで若干問題がある。今後換気の強化、排ガスの抑制、各種集じん機の使用等の改善を検討中である。

次に坑内排水の問題であるが、レールシステムに比べて相当坑内排水の汚濁が大である。特に群馬県条合により浮遊物質が利根川の当地区では国の基準の 120 ppm が 40 ppm と厳重であり、相当な設備および薬品処理を要する。施工基面の荒廃については十分なる配慮が必要である。

6. 保登野沢工区

本工区は 130 k 000 m から 135 k 350 m までの $l=5,350\text{m}$ であるが、その 1 工事として $l=3,600\text{m}$ 区間を契約している。現在の進行は一応斜坑 $l=483\text{m}$ 間の掘削を終了しているが、一部未覆工区間が地山の膨圧により鉄製支保工 150 H が変状し、巻厚不足の個所が生じたので縫返し中である。

本工区の掘削工法は当局の指示により全断面掘削工法に変更した。国鉄の新幹線複線形のトンネルでは初めてであるが、新清水トンネル掘削で同様な石英閃緑岩で単線の在来線形であるが全断の経験があるので、あえて全断掘削に踏切った。地質は石英閃緑岩約 3,000 m、花崗岩 2,200 m で、一部斜坑交点付近に蛇紋岩、玢岩等がある。大部分は弾性波速度 4.2 km/sec 程度である。斜坑交点付近より県境方向 2 km 程度は谷川工区と同様な地山と想定されるが、それより県境方面は非常に硬い石英閃緑岩である。

（1）掘削工法採用理由

本工区は昭和 46 年 12 月 8 日契約したものであるが、地元との設計協議が難行し、47 年 7 月頃地元との話合

いがつき、それより斜坑口付近が国立公園の重要地区のため環境庁の許可があるので相当に時間的に遅れて 9 月 25 日に再着手したものである。その結果、月進平均 160 m を確保しなければならぬ状態になった。また、地山の状態も全断掘削可能と判断し、スピードアップ可能な全断工法に踏切ったものである。

（2）施工概要

昭和 47 年 10 月より工事用道路および坑外設備に着工し、12 月に斜坑掘削を開始した。斜坑は坑口より 90 m まではショベル積込みのままで坑外まで直接ずり出しを行ったが、それよりは巻揚設備が完成したので 10 m³ スキップによりずり出しを行い、せん孔は当初レックドリル、90 m よりは 2 ブームクローラジャンボ（D-95×2 台装備）を使用してせん孔した。

現在は斜坑および水平坑部分の掘削を完了したが、一部未覆工で蛇紋岩地帯が変状し、所定の巻厚の確保が困難になったので縫返し中である。坑口より 370.8 m から 385.9 m までの区間の縫返しを 8 月 25 日に行っていたが、同地点より坑口に向かって 20 m および 30 m 付近にあった約 300 l/min の水が縫返し地点にまわり、付近の崩壊が生じた。現在は同地点に薬液注入、水抜ポーリング等を行っているが、これらの作業が終り次第縫返しを続行する予定である。なお、本坑の掘削は 21 ブームのジャンボで行う予定である。

（3）施工上の問題点

斜坑掘削における蛇紋岩地帯であるが、現在のような状況では掘削後直ちに吹付等で 1 次覆工をなし、順次 2 次覆工を行う方がよい結果を生むと思われる。今後本坑における蛇紋岩地帯では円形断面に近い断面と吹付工法による 1 次覆工を掘削直後に行う等慎重な工法が必要である。また、本坑の全断掘削であるが、若干破砕帯等もあり、この突破には相当な対策が必要である。さらに県境付近の土被り 1,000 m 以上の区間には山はね区間もあり、相当な設備を考えなければならない。

7. 万太郎谷工区

本工区は 135 k 350 m から 140 k 150 m までの $l=4,800\text{m}$ であるが、その 1 工事として現在斜坑 $l=944\text{m}$ 、本坑 3,200 m を契約している。現在の進行は一応斜坑、坑底設備が完了し、本坑の全断発進基地を掘削中である。全断の発足は 11 月 8 日の予定で現在鋭意工事中である。本工区の掘削方式は全断面掘削工法である。当工区の地質はほとんどが石英閃緑岩であり、圧縮強度は平均 2,000 kg/cm² 程度で、見掛比重は 2.69、吸水率 0.54~0.64%、ショア硬さ 78~84 である。

(1) 掘削工法採用理由

当工区において全断面掘削を採用した理由は、設計協議等のため着工が2カ月ほど遅れたことと、群馬県側の保登野沢工区の着工が7カ月程度遅れたこと、および斜坑掘削が蛇紋岩地帯のため相当遅れている等の理由により少しでも早く新潟県側の掘削を進める必要があり、最悪の場合は群馬県側へ越境して掘削する必要があること、それと同時に、斜坑掘削時の実績からして全断面掘削の自信を深めた結果にもよる。

(2) 施工概要

万太郎谷斜坑は上越新幹線のトンネル坑口では一番人里離れた僻地にあるため工事契約と同時に工事用道路の整備に着手し、在来県道の橋梁では負担力が不足するので専用の橋梁を架設し、また、林道の拡幅等を行い、昭和47年8月には斜坑掘削に必要な設備を完了し、斜坑掘削に着手した。その後、順調に斜坑掘削、坑底設備等を完了し、現在は全断面掘削の基地の切上げを施工中である。

斜坑の掘削はヘビードリフタ2ブーム搭載のクローラジャンボ2台を切羽に並列してせん孔を行い、せん孔の芯抜きパターンとしてはコロマント法で行った。これは小断面坑道で長尺せん孔による急速掘進に有効な工法である。火薬の使用実績は 2.5 kg/m^3 程度であった。斜坑のざり積みは955Lサイドダンプローダを使用し、ざり出しは $6 \text{ m}^3 \times 2$ 台のざりトロを400IPウィンチ巻揚げで行った。斜坑内の支保工は125H、150Hを建込み、岩質良好な箇所では厚10cmの吹付コンクリートを行った。覆工巻厚は30cmである。

本坑掘削の計画の概要は次のようである。19ブームの全断面ジャンボでヘビードリフタ18台、芯抜きパーンホール搭載のもので大目節理による余掘りの減少と周辺



写真-1 万太郎谷工区坑外設備

地山のゆるみの縮少のためスムーズブラスティング工法で行う。また、大きなざりが発生するとクラッシュ以外の小割りが必要となるので小孔径($\phi 35 \sim 38 \text{ mm}$)でせん孔本数を増やす計画である。掘削は1発破2.25m、すなわち、2発破で3わく(支保工150H、1.5m)の計画である。

ざりはバケット容量 4.0 m^3 のサイドダンプローダで 15 m^3 トロに積込み、5両編成で運搬し、坑底設備のざりピンに投入、それよりベルトコンベヤで坑外に排出する。過去の新清水トンネルの全断面掘削では進行実績が 167 m/月 にとどまったが、この原因は、第1に地質が堅固であったが風化節理が極めて発達し、切羽の落石のため全断面同時せん孔が不可能で、下部せん孔を先行して上部せん孔という2段せん孔区間が相当あったこと、第2に切羽の集中湧水($5 \text{ m}^3/\text{min}$)によるせん孔作業への影響、第3に山はね現象による退避等があげられる。今回は第1に対してジャンボの中間デッキをスライドさせ、デッキを切羽に接触することにより落石を下部に落下させない、第2には強制排水、第3にはジャンボにプロテクタを設備することにより対応させる。コンクリート打設にはドライミックスコンクリートを考えている。

(3) 施工上の問題点

特にコンクリートにおいてはドライミックスコンクリートを使用するが、わが国のトンネル工事では初めて使用するものである。この工法の概要は、あらかじめセメント、細粗骨材を計量後混練し、所定の打設箇所付近まで運搬し、それより所定の水、AE剤等を加え、ミックスして打設する工法である。当工区では坑外でセメント、細粗骨材を計量混練し、斜坑内をベルトコンベヤで運搬し、本坑内はホッパ車に積替え、バッテリーロコで運搬、コンクリート打設箇所付近のプラントで水、AE剤等を加えて混練し、コンクリートポンプで打設する計画である。

利点としては、コンクリート運搬中に発生する骨材の分離等を防ぐことができる、また、運搬距離がいかに長大になっても影響が少ない等であるが、欠点もある。最大の欠点は、運搬中におけるセメントの細粗骨材の表面水による水和反応、吸湿等による強度低下、ベルコン等に対する付着等で、今後実用化のためには実物による実験が必要で、現在実験中である。

8. 仙の倉工区

当工区は140k150mから142k900m

までの $l=2,750$ m で、現在の進行は斜坑、坑底設備は完了、導坑上口 438 m、下口 279 m、上半は 185 m である。

本工区の掘削工法は底導先進上部半断面工法である。地質は万太郎谷工区と同様に石英閃緑岩であり、弾性波速度は $4.5\sim 5.0$ km/sec である。

(1) 掘削工法採用理由

本工区 2,750 m のうち、地質調査によると一部岩 I の区間があり、また全体として湧水があり、節理の発達した岩質であるので地質変化に順応性がある当工法を採用した。

(2) 施工概要

当工区は地元との協議関係も順調に進み、昭和 47 年 3 月契約と同時に着工し、現在に至っている。

斜坑掘削は万太郎谷工区と同様な段取りで行い、本坑のずり出しはインクライン方式である。コンクリートは $\phi 30$ cm の立坑 2 本を掘削し、これより投下して本坑内を運搬する方式をとっている。当工区ではずり積み、ずり運搬等にはいっさい内燃機関を使用していないので非常に坑内の空気は清浄である。

(3) 施工上の問題点

特に問題点はない。

9. 松川工区

本工区は 142 k 900 m から 146 k 200 m までの $l=3,300$ m で、現在の進行は斜坑、坑底設備が完了し、導坑は上口 86 m、上半掘削 24 m である。また、迂回坑は完了直後である。本工区の掘削工法は底導先進上部半断面工法である。一部蛇紋岩地帯ではショートベンチ工法を採用する。地質は大部分が玄武岩であり、安山岩、流紋岩、玢岩等を含む。斜坑と本坑の交点付近においては一部蛇紋岩がある。この蛇紋岩には粘土鉱物として滑石、モンモリナイト、クロライト、カオリナイト、アンチゴライト等を含み、膨張性を有している。膨張については定量的な把握は困難であるが、エチレングリコール処理を行った結果では 24% 程度の膨潤性を示した。

(1) 掘削工法採用理由

地質の変化が相当あるので最も地質変化に順応性のあ



写真-2 仙の倉工区坑外設備

る底導先進上部半断面工法、一部蛇紋岩地帯ではショートベンチ工法を採用し、すみやかに覆工を完了して膨圧に対処せしめる。

(2) 施工概要

当工区は昭和 46 年 12 月契約以来地元協議関係も順調に進み、斜坑掘削は若干問題があったが比較的順調に進み、坑底設備も完了し、本坑掘削に着手したが、蛇紋岩地帯に突入したため導坑支保工の変状が激しくなったので掘削工法を変更し、本坑の断面を円形に近い形にすることにし、ショートベンチ工法に切換えた。なお、工期の関係上迂回坑を図-5 のように掘削し、切羽の増加をはかった。迂回坑の断面は約 14 m² 程度である。

コンクリートは立坑 $\phi 30$ cm \times 2 本で本坑に投入し、それより本坑内を運搬打設する。

(3) 施工上の問題点

蛇紋岩地帯の掘削は、ショートベンチ工法でまず上半を掘削、250 H の支保工を建込み、直ちに吹付コンクリート 30 cm 厚を施工し、下段を掘削、250 H の支保工を建込み、吹付コンクリート厚 30 cm を施工し、順次 2 次覆工巻厚 70 cm を施工する計画である。この地帯の突破が一番困難で、1 カ月進行 40~50 m 程度になると思われる。

10. 湯沢工区

当工区は 146 k 200 m から 150 k 230 m までの $l=4,030$ m の工区で、現在神立斜坑 $l=186$ m、こう配 1/12.5、城平斜坑 $l=158$ m、こう配 1/8 の両斜坑より掘削を行っている。両斜坑、坑底設備は完成し、上半は神立

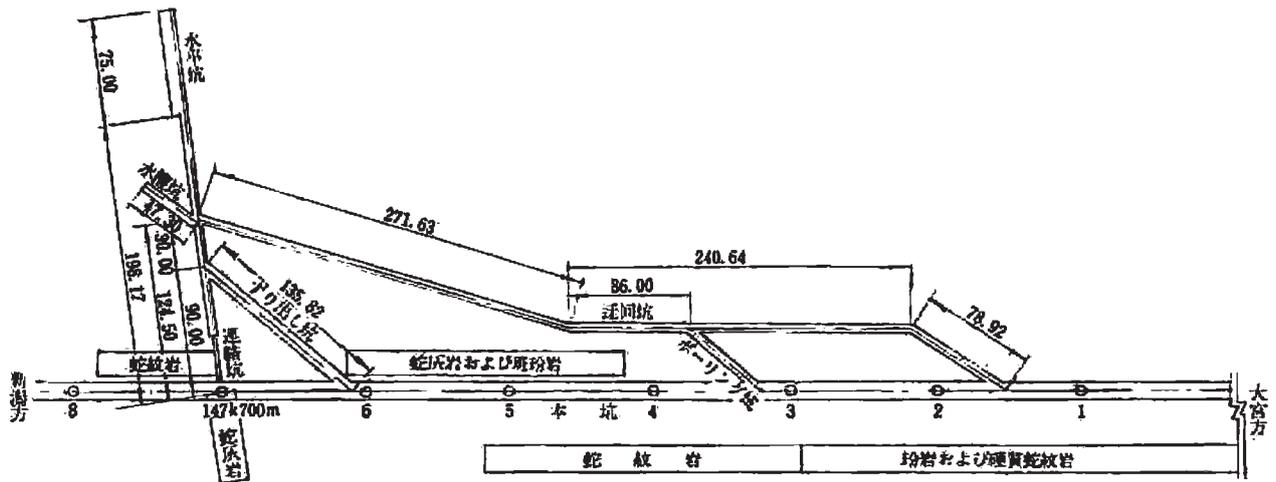


図-5 大清水トンネル松川工区工事平面図

斜坑方 1,643 m、城平斜坑方は完成し、下段を掘削 130 m 程度である。本工区の掘削方式は請負業者の願出により上部半断面先進タイヤシステムである。

地質は変質玄武岩が主体で、表層には火山泥流堆積物が分布している。変質玄武岩はかなり風化が進行しており、粘土をかんだ部分もある。弾性波速度は 3.7~4.4 km/sec 程度である。神立付近は現宇津野川の河川堆積物が延長で約 300 m にわたって相当の深さまで堆積している。この付近の上被りは 10~15 m 程度であるので開さく工法を行っている。

(1) 掘削工法採用理由

本工区では短い緩こう配の斜坑により簡単に本坑に取付くことが最大の原因で、また新幹線断面では上半部を覆工した場合でも内空断面が 36 m² (R=4.8 m の 1/2 円) と広いためずり出しに大形タンブ (11 i) の使用が可能のためである。

(2) 施工概要

本工区は非常に順調に地元協議等も完了し、すでに上

半掘削は 73% 程度の進行である。本坑掘削は神立側は東洋工業ガントリー形ジャンボ 8 ブームでライトドリフト 8 基搭載、城平方は 8 t トラックに昇降可能なデッキを付けたもの 2 台を準備し、これを足場として併列せん孔した。

(3) 施工上の問題点

施工上の問題点は谷川工区と同様で、換気、施工基面の荒廃、排水の汚濁、地質の急激な変化に対する対応性が底導先進工法より問題である。

11. む す び

以上、非常に簡単に大清水トンネルの現況について述べたが、現在のところ大部分の工区はようやく本坑掘削にかかったところである。今後相当な難工事が予想されるが、掘削機械の近代化により一層の省力化をはかり、事故もなく 51 年度上越新幹線の開通に努力する覚悟である。

営団地下鉄11号線 渋谷～蛸殻町の建設現況

塚田 章* 大原 宜恒**

1. 11号線の概要 (図-1 参照)

現在、東京およびその周辺の都市高速鉄道網は、運輸政策審議会の答申によれば1号線から13号線まで計13路線が計画されている。11号線は二子玉川～蛸殻町間19.8kmの路線である。完成時には新玉川線、田園都市線との相互直通運転が行われる。将来はさらに隅田川を渡り、深川扇橋まで延伸される計画であり、全通時にはほぼ東京を東西に横断する大幹線となるものといえよう。この路線の主な目的は、①銀座線の混雑緩和、②田園都市線沿線部を中心とした東京西南部と都心部を結ぶ交通機関の整備、③都心部の皇居西北地域の開発発展等に資することにある。本路線のうち、二子玉川～渋谷間は本年4月7日、東急新玉川線としてすでに開通し、営業されており、都心部の渋谷～三越前間のすみやかな完成によって11号線の建設効果が十二分に発揮されることが望まれている現状である。

現在建設中である渋谷～三越前間のルートは、渋谷から青山通りの道路下を銀座線とほぼ並行して赤坂見附交差点に至り、衆・参両議院議長公邸下を通り、国立劇場裏付近で左折し、皇居西側の区道下を通り、右折して靖国神社付近で靖国通りの道路下に入り、都営10号線と並行して神保町交差点に至る。さらに、同交差点を過ぎた付近で10号線と分離し、右折して気象庁前を経て、大手町ビルと読売新聞社の間の区道下を通り、国鉄常盤橋架道橋、新総武線、常盤橋下を横過し、三越前に至る延長10.1kmのものである。この間には渋谷、表参道、青山1丁目、永田町、半蔵門、九段下、神保町、大手町、三越前の9駅が設置され、半蔵門を除く他の8駅はすべて既設路線と連絡される。特に九段下駅は10号線および東西線と、神保町駅は10号線および6号線と、

大手町駅は6号線、千代田線および丸の内線と連絡し、高速鉄道網の中核となる。

本路線は前述のように既設線との交差等の関係により一般に深く、40mを越す箇所もある。地下鉄構築の設計、施工法は原則的には駅および留置線部は開削工法による箱形トンネル、また、駅間の走行トンネル部はシールド工法による円形トンネルとなっている。なお、永田町、三越前の2駅はシールド工法によるめがね形駅、また、表参道駅取付部付近の走行トンネルの一部は開削工法による箱形トンネルとなっている。このためこの路線の約64%がシールド工法で施工されることとなり、戦後、地下鉄建設を開始してから約22年にして、かつては100%であった開削工法区間の割合がシールド工法区間より減少するという地下鉄建設工法の著しい変化を示している。

2. 建設概況

(1) 全般

本路線の工事は昭和48年3月、平河町において工事に着手して以来全区間を次の三つの区間に分けて工事が進められている。

第1区間：渋谷～永田町駅終端部

(管理延長 4,393 m)

第2区間：永田町駅終端部～九段下駅始端部

(管理延長 2,284 m)

第3区間：九段下駅始端部～三越前駅

(管理延長 3,420 m)

第1区間については、永田町駅のホーム部を除いてすでに構築は完成し、土木工事は現在埋戻し、路面復旧等の復旧工事の段階に入り、軌道、電気、建築等の施設工事も永田町駅を除き、全線にわたって進められている状況にある。第2区間については、一部に住民から路線反対運動が起り、現在未着工の状況がある。第3区間につ

* 帝都高速度交通営団建設本部建設事務所長

** 帝都高速度交通営団建設本部建設事務所副所長

あたり、延長 77.5 m、2 階構造の立坑である。すでに昨年 12 月に竣工し、北青山工区の単線併列シールドの発進基地として使用された。

北青山工区は延長 894 m の単線併列シールド（外径 6.5 m）の工事であるが、路線は銀座線と近接、並行、ないしその直下を通過する。このため工事に先行して銀座線トンネル内から防護注入を行い、シールド掘進後、さらに坑内から 2 次注入を行って、変状防止に努めた結果、銀座線にはほとんど変状が見られなかった。A 線側は昭和 51 年 12 月、B 線側は昭和 52 年 2 月に貫通した。

青山 2 工区は青山 1 丁目交差点とその付近において青山 1 丁目駅の中央部 200 m を築造する工事であり、銀座線の構築の一部が 11 号線に支障するため駅施設を切替えながら工事を進め、本体工事は完了し、現在連絡地下道築造および復旧工事を行っている。

元赤坂 1 工区は青山 1 丁目駅の終端部にあたる延長 82.7 m の区間であり、昭和 50 年 9 月、構築は完成し、隣接の元赤坂 2 工区シールド工事の発進立坑として使用された。

元赤坂 2 工区は、青山 1 丁目駅と永田町駅を結ぶ延長 1,136 m の単線併列シールド（外径 6.61 m）であり、銀座線と近接、並行あるいは直下を通り、赤坂見附交差点付近では丸の内線を横断し、さらには歩道橋、赤坂陸橋橋台、高層ビル等に近接し、下りこう配で進み、終端部は滯水層に入り、加えて曲線半径も 200 m および 250 m の急曲線を施工する難工事であった。機械掘りシールドを使用し、薬液注入、ディープウェル等の補助工法を併用して昭和 52 年 2 月および 5 月に無事貫通した。機械掘りシールドの詳細については図-4 を参照されたい。

赤坂見附工区は赤坂見附交差点において永田町駅の始端側の駅施設を収容する地下 4 階構造、延長 55 m の立坑と、銀座線、丸の内線赤坂見附駅との連絡通路を築造する工事である。本工区は坂部でこう配がきつく、地形、構築形状とも複雑で、掘削深も 22~23 m という深

さの交差点下の工事であり、立坑部は路下で壁式連続地中壁を施工し、間げき水圧の高い滯水砂層のためディープウェルを併用するとともに、土留工の一部にアースアンカーを使用して掘削を行った。また、連絡地下道部では丸の内線異高形トンネルとポンプ室を下受けた工法により下受けし、掘削を行った。現在は復旧工事もほとんど終り、出入口工事を施工中である。

永田町 3 工区はめがね形シールド駅である永田町駅のホーム部分、延長 210 m を築造する工事である。本線部の併列シールドは昭和 52 年 5 月および 6 月にそれぞれ貫通し、現在本線部シールドトンネル内の上下床縦げたのコンクリート打設、鋼管柱連込み、変形防止工を施工中であり、この工事と併行して 9 月 10 日からルーフシールドが掘進を開始し、2 本の本線シールドの中間部を切抜ける第 1 段階として中間部の上段を掘削中である。この第 1 次掘削と併行して中間部のアーチコンクリートを打設し、さらに中間部の下方を掘削し、下床コンクリートを打設する予定である。本工事は昭和 53 年夏完成の予定である（図-5 および写真-1 参照）。

（3）九段下駅始端部～三越前駅間

九段下駅、神保町駅を含む延長 775 m の区間は、東京都交通局施工の 10 号線と並行するため一体構造となり、同局に施工を委託している。委託区間は大断面であり、開削工法によるが、一部組橋下では凍結工法を採用している（図-6 参照）。

神保町 1 工区は交通局委託区間の終端部から民地部にわたり、延長 26 m、地下 2 階構造の複線シールド到達立坑を築造する工事である。10 号線工事と工程、施工法を調整しつつ施工にあたっており、現在掘削が完了し、鉄筋コンクリートを構築中である。なお、地上 9 階、地下 2 階のビル下受部は地質が軟弱な関係もあって逆巻工法により中床を施工した。

神保町 2 工区は竹平町工区の立坑を発進基地とし、パイロットシールドを併用して始点方向へ掘進する延長 767 m のシールド工事であり、シールド外径 9.8 m の複線トンネルである。現在気象庁用地内の作業基地を築造中である。

竹平町工区は気象庁前の交差点内に延長 48.5 m の地下 4 階構造の立坑を築造する工事である。この立坑は始端側の神保町 2 工区複線シールド、終端側の大手町 4 工区単線併列シールドの各発進基地として使用する。この付近の地質は上部が軟弱なシルト層、下部が地下水を豊富に含んだ砂れき層であり、大手塚に隣接して深さ 42.5 m の掘削を行う関係上、まず、上部土留工として柱列式連続地中

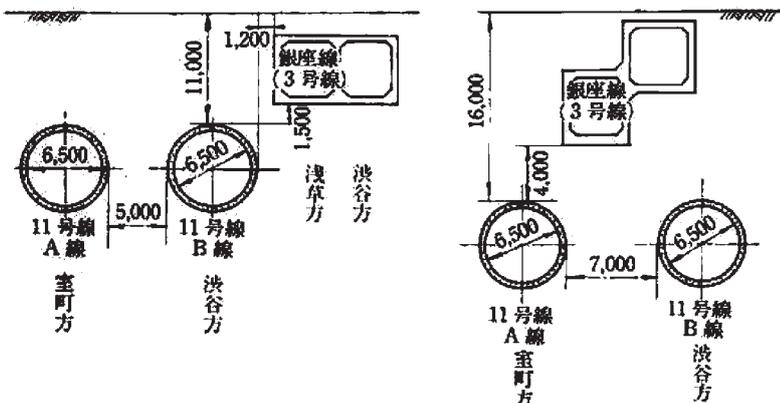
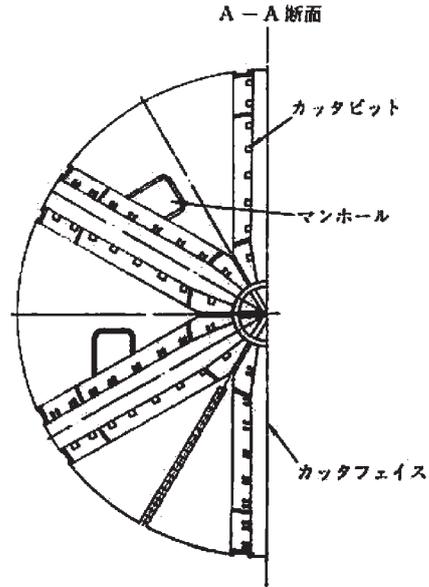


図-4 (A) 元赤坂 2 工区シールド関係横断面図

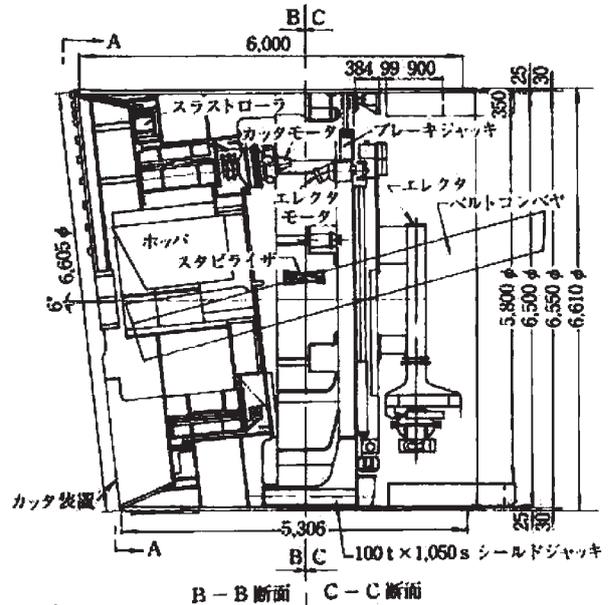
シールド機械仕様

形 式	ドラムシャフト傾斜型機械式シールド機	
掘削方式	全断面掘削ブラインド可能型	
シールド本体	外 径	6,610 mm
	内 径	6,550 mm
	全 長	6,000 mm
	板 厚	30 t (フード部除く)
シールドジャッキ	推力×ストローク×圧力×数量	100 t×1,050 s×350 kg/cm ² ×30 本
パワーユニット	モ ー タ	15 kW×6 P×400 V 3 台
	油 圧 ポンプ	定吐出型 17.3 l/min×350 kg/cm ² 3 台
ブレイキ板用ジャッキ	推力×ストローク×数量	60 t×100 s×2 本
推進速度	ジャッキ全数使用時	0~61 mm/min
掘力(m ³ 当り)		87 t/m ²



カッタ仕様

カッタ形式	単軸スプロケットチェーン駆動式	
カッタ	外 径	φ=6,605 mm
	ピ ッ ト 数	122 個
	旋 回 トルク	低トルク 150 t-m at 105 kg/cm ² 中トルク 200 t-m at 140 kg/cm ² 高トルク 300 t-m at 210 kg/cm ²
	回 転 数	低速 0.6 rpm at 210 kg/cm ² 中速 0.9 rpm at 140 kg/cm ² 高速 1.2 rpm at 105 kg/cm ²
パワ ー ユニ ッ ト	モ ー タ	75 kW×6 P×400 V 4 台 可変吐出型 4 台
	油 圧 ポンプ	320 l/min at 105 kg/cm ² 240 l/min at 140 kg/cm ² 160 l/min at 210 kg/cm ²
	油 圧 モー タ (カッタモータ) (8台)	(10 l/rev) 1.5 t-m at 105 kg/cm ² 2 t-m at 140 kg/cm ² 3 t-m at 210 kg/cm ²



エレクタ仕様

エレクタ形式	リングギヤ式	
伸 縮 ジャッキ	ジャッキ	6,4 t×900 s×100 kg/cm ² 2 本
	つり上げ力	7 t
	押付力	12.8 t
旋 回 パワーユニット	モ ー タ	22 kW×4 P×400 V 1 台
	油 圧 ポンプ	定吐出型 75 l/min—120 kg/cm ²
	油 圧 モー タ	342 kg-m—130 kg/cm ²
伸 縮 パワーユニット	モ ー タ	5.5 kW×6 P×220 V 1 台
	油 圧 ポンプ	15 l/min—100 kg/cm ² 1 台
セグメントサポートジャッキ	ジャッキ	3,1 t×100 s×100 kg/cm ² 2 本

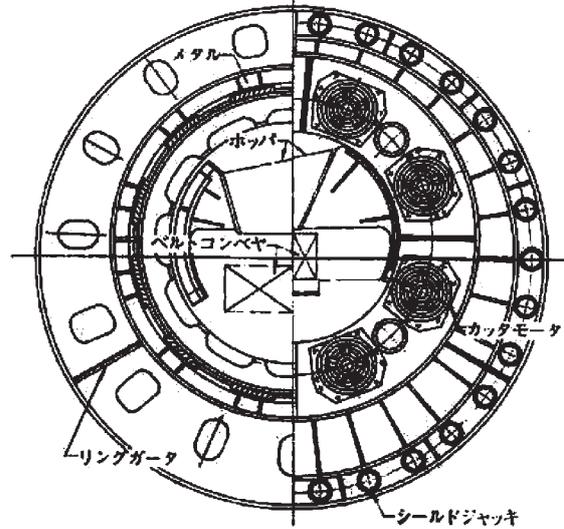


図-4 (B) シールド機械および仕様 (元赤坂2工区)

壁を施工して地表面から約 10 m まで掘削し、次に坑内において下部土留工として壁式連続地中壁を施工して掘削を行った。工事は昨年 11 月に竣工した。

大手町 4 工区は竹平町立坑から大手町方向へ掘進する延長 451 m の単線併列シールド工事であり、シールド外径は 6.6 m である。現在、大手塚横の清磨呂公園内において作業基地を築造中である。

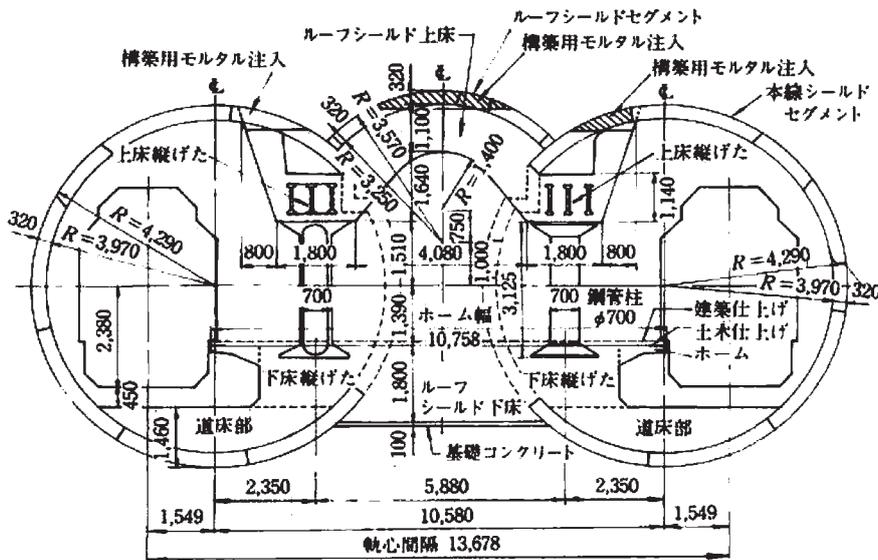
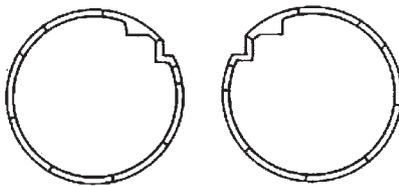
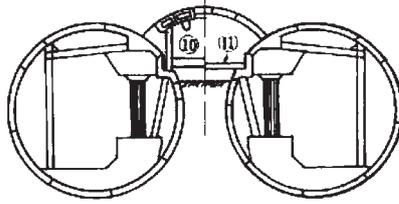


図-5 (A) めがね形シールド駅横断面図 (永田町駅)

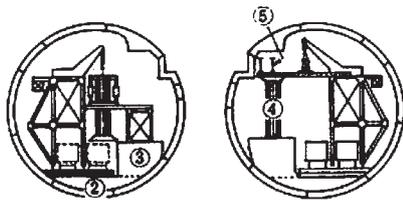
1. 本線シールド掘進
 - ① 本線シールド掘進



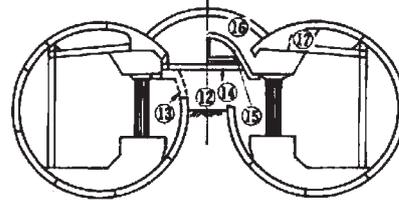
4. ルーフシールド施工
 - ⑩ ルーフシールド掘削
 - ⑪ L 型部切ばり



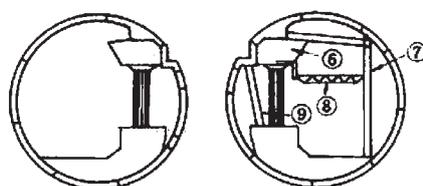
2. けた, 柱の施工
 - ② インバートコンクリート打設
 - ③ 下床げたコンクリート打設
 - ④ 鋼管柱達込み
 - ⑤ 上床鉄骨げた達込み



5. アーチ部の施工
 - ⑫ 2次掘進
 - ⑬ L, K 型セグメント解体
 - ⑭ 切ばり盛替え
 - ⑮ アーチセトル組立
 - ⑯ アーチ鉄筋コンクリート打設
 - ⑰ 上床 D 型部コンクリート打設



3. 本線部の補強工
 - ⑥ 上床げたコンクリート打設
 - ⑦ 変形防止用支保工達込み
 - ⑧ 作業床設置
 - ⑨ ルーフシールド受支柱達込み



6. 下床版の施工
 - ⑱ 3次掘削
 - ⑲ B 型セグメント解体
 - ⑳ 下床切ばり
 - ㉑ 下床コンクリート打設
 - ㉒ 上床切ばり切断, 変形防止支保工解体撤去
 - ㉓ ホームコンクリート打設

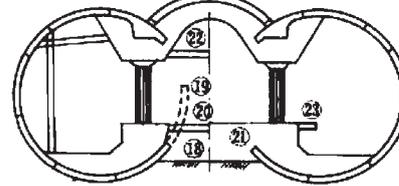


図-5 (B) 施工順序図

大手町 5 工区は読売新聞社、大手町ビル、産経ビルにはさまれた区道下に開削工法により延長 234 m、地下 4 階構造の大手町駅を築造する工事である。同駅は始端部では千代田線、6 号線と、終端部では丸の内線と隣接または交差し、相互連絡が可能となる。工事は各営業線構築の下受け、連絡工事のほか、両側の大きなビルの防護対策に注意を払って施工にあたり、すでに本年 6 月に竣工した。

大手町 6 工区は大手町駅終端部分 39 m を開削工法で築造する工事であり、三越前に向う単線併列シールドの発進立坑である。沿道の通信博物館、市外電話局等のビル防護、国際線ケーブルを擁した電々洞道をはじめとする幅狭した地下埋設物の防護には非常な神経を使ったが、工事は昨年 4 月に竣工した。

大手町 7 工区は大手町 6 工区立坑から三越前に至る延長 429 m の単線併列シールド工事であり、シールド外径は 6.5 m である。沿道には市外電話局、データ通信センター、日本ビル等がある。また、国鉄新総武線、電々洞道、八重洲幹線下水、東電常盤橋洞道等の地下施設物をはじめ、高架の国鉄常盤橋架道橋、首都高速 4 号線分岐線その他、常盤橋、日本橋川が横過する関係上、これらの各種構造物等に入念な防護対策を実施し、細心の注意を払いながら掘進し、無事本年 8 月に到達した。

本石町工区は外堀通りの常盤橋交差点内に延長 36.5 m の地下 4 階構造の立坑を開削工法で

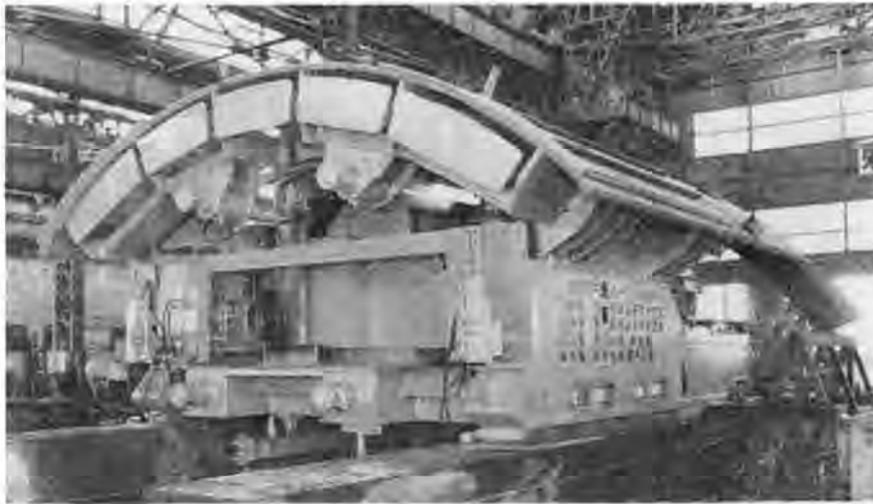


写真-1 ルーフシールド

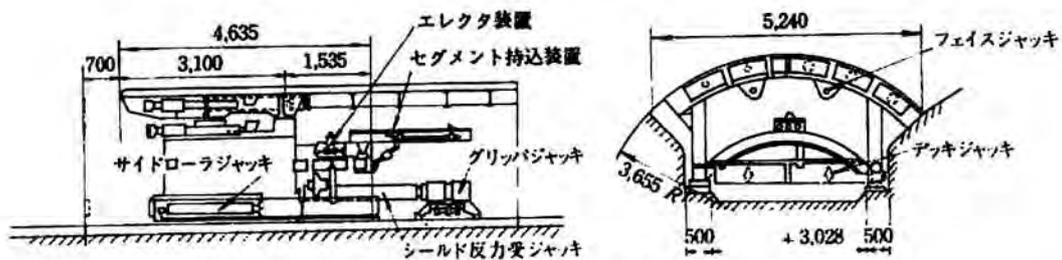


図-5 (C) ルーフシールド機械略図

築造する工事である。この立坑は三越前駅シールドの発進基地として使用し、将来は三越前駅始端部となり、出・改札、駅務室、換気室、電気室等の駅施設が設けられる。日本橋川に近接し、掘削深も大きく、しかも、八重洲幹線下水（シールド）を下受防護する必要がある。また、地盤も悪く、掘削底面上4 m付近の砂層においてボイリングが発生したため、ウェルポイントを使用して湧水処理を行った。工事は昨年10月に竣工した。

室町1工区は本石町工区立坑を発進基地とし、三越前駅ホーム部分、延長251.8 mをシールド工法で築造す

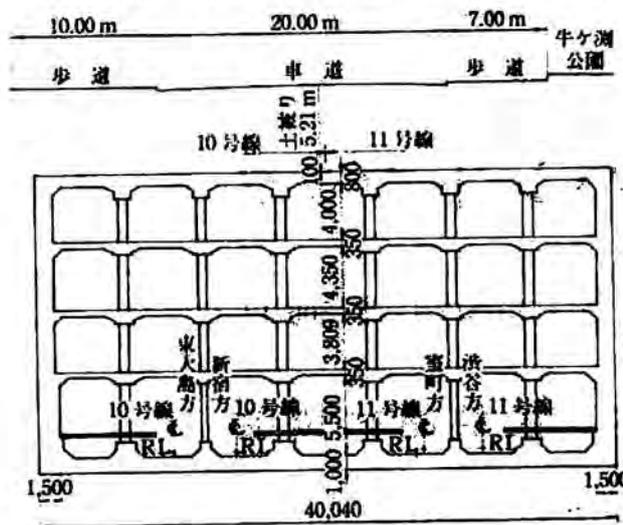


図-6 九段下駅横断面図

る工事である。永田町3工区と同様のめがね形シールド駅であり、工法は、まず両側に2本のシールド（外径8 m、シールド間隔2 m）を併列で貫通させた後、2本のシールドの上部を半円形のルーフシールドで掘削し、2本のシールドをつないで一体構造とするものである。この工事はシールド推進に対し高い施工精度が要求されるが、蛇行は現在50 mm以下である。また、シールドは図-7に示した半機械掘り式真円保持装置付シールド掘削機を使用している。沿道には東京銀行、三越新館、興和火災海上等のビルがある。現在A線は掘進を完了し、B線の掘進も間もなく完了する。

室町2工区は道路元標の置かれた日本橋北詰交差点から、一部江戸橋方向への区道部を含む路下に延長97.2 mの地下5階構造の立坑を開削工法で築造する工事である。この立坑は始端側は三越前駅めがね形シールドの到達、終端側は蛸塚町方向への複線シールドの発進の基地として使用し、将来は三越前駅終端部として各種駅施設が設けられるとともに銀座線との相互連絡通路等となる。沿道には大きなビル群があり、また、川側は江戸時代から震災前にかけて魚河岸が置かれて栄えた土地のため、地中の旧魚河岸の残材や木片、樽、舟、石垣等の障害物がくい打ち作業に支障し、これらの取片付けに日時を要した。工事は本年6月に竣工した。

室町3工区は室町2工区を発進基地とする延長269.5 mの複線シールド（外径9.8 m）工事である。当工区

は 11 号線の終端工区であり、開通時は直線を設け、折返線として使用する。現在シールド機械の製作、ビル防護用往列式連続地中壁の施工等、シールド掘進工事の準備を進めている段階であり、来年 4 月頃、シールド発進を予定している。

3. む す び

11 号線も昭和 48 年 3 月、平河町工区工事に着手して以来逐次工事を発注し、鋭意施工にあたってきたが、すでに 4 年と 6 カ月が経過した。幸いにして関係各位の多大のご協力により一部を除いて工事は順調に進行し、昭和 53 年中頃には渋谷～青山 1 丁目間については軌道、電気、建築等の施設工事もすべて完了する予定である。しかしながら、平河町～九段上間が未だに着工にいたらず、早期開通を望む多くの人々の期待にそえないことは誠に残念であり、関係者のご理解を切に望む次第である。

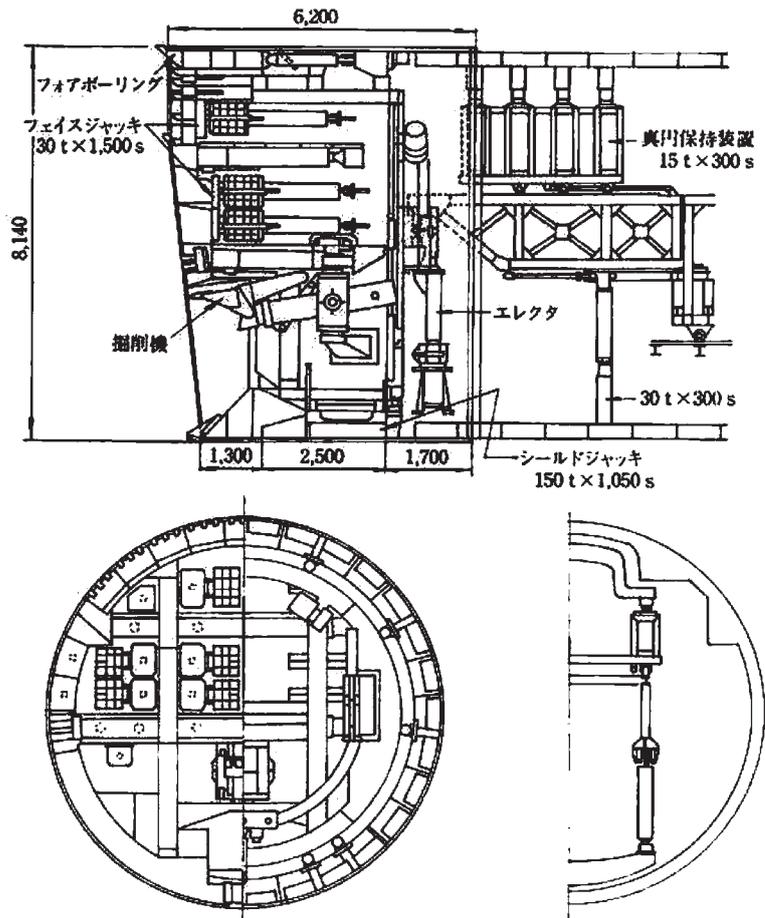


図-7 半機械掘り式真円保持装置付シールド掘削機

記憶に残る工事 3. 昭和55年11月号 (第369号)

川治ダム工事の現況

多賀芳治*

1. まえがき

特定多目的ダムとして利根川の支川鬼怒川上流部に建設中の川治ダムの現況について紹介する。

昭和49年に掘削工事に着手以来、ほぼ順調に進捗し、昭和55年11月には本体コンクリートの打設を完了し、昭和56年4月には試験湛水を行える見通しとなっている。アーチ式ダムとしては黒四ダム(155m)、奈川渡ダム(155m)に次ぐ我が国第3位の高さ(140m)であり、その雄大な姿を鬼怒川の溪谷に現わしつつある。

2. 事業概要

鬼怒川および利根川下流部の洪水調節、特定かんがい、ならびに都市用水の供給を目的として建設する多目的ダムである。昭和37年に建設省が直轄事業として調査を開始し、昭和43年度から実施計画調査を開始し、45年度に建設工事に着手し、57年度には全事業完了の予定である。

(1) 洪水調節

上流の川俣ダム、支川男鹿川にある五十里ダムの総合運用により鬼怒川および利根川下流部の高水流量を低減するものであるが、川治ダムは有効貯水容量7,600万 m^3 のうち、3,600万 m^3 を洪水調節容量としている。

(2) 流水の正常な機能の維持

鬼怒川および利根川の異常な渇水時には、河川の機能維持をはかるため貯水容量のうち420万 m^3 を利用して放流を行う。

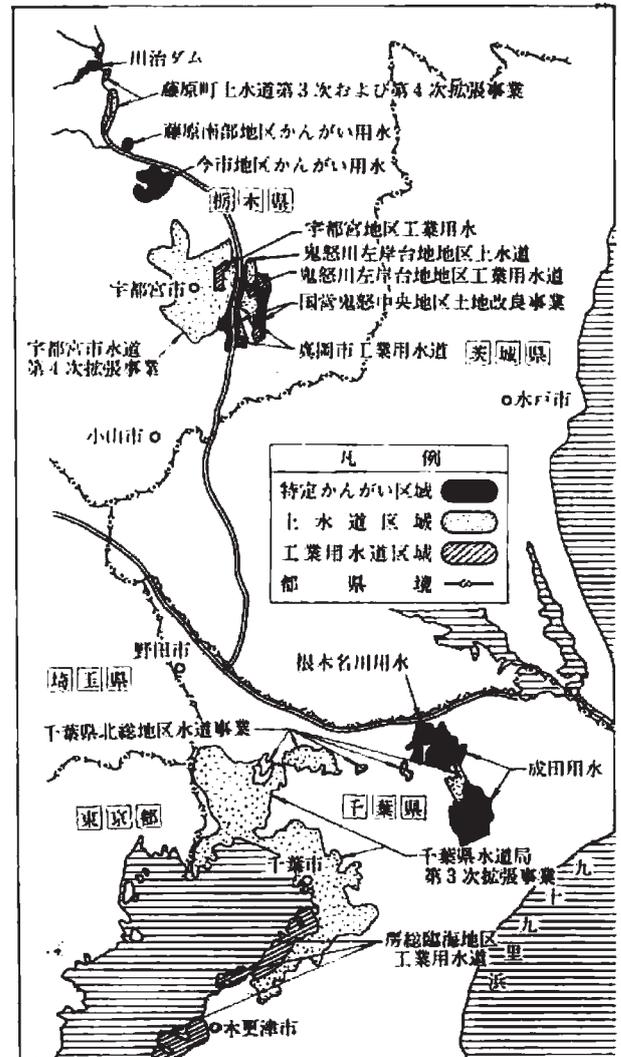


図-1 計画給水区域図

(3) 特定かんがい用水の供給

栃木県および千葉県土地改良事業の対象地域にかんがい用水を補給する。その対象地域は表-1のとおりである。

* Yoshiharu Taga
建設省関東地方建設局河川部河川工事課長

表-1 特定かんがい用水対象地域

対象事業所	対象区域	受益面積 (ha)
国営鬼怒中央地区土地改良事業等	宇都宮市, 真岡市, 芳賀町, 河内町, 上三川町等	2,852
国営成田用水事業 千葉県営栃木名川土地改良事業	成田市, 下總町, 多古町, 芝山町 成田市, 下總町	2,461 470
合計		5,783

表-2 川治ダム諸元

ダムの位置	河川名	ダム		利根川水系鬼怒川 栃木県塩谷郡藤原町大字川治 藤原町, 栗山村 323.6 km ² (川俣ダム関係除 144.2 km ²) 閃輝岩 川治流動凝灰角れき岩
		サイト	面積	
築地	鬼怒川	式	アーチ式(放物線)コンクリートダム	式高 140 m 長 320 m 幅 中央 8 m, 端部 10 m 総積 700,000 m ³
		頂高		
堤体	鬼怒川	式	シエットフローゲート 高圧スライドゲート	数量 1 門 流量 30 m ³ /sec 高 中心 EL 525 m
		流標		
放水	鬼怒川	式	高圧ローラゲート	数量 2 門 流量 400 m ³ /sec 高 EL 559.48 m EL 550.0 m
		コンジット		
流備	鬼怒川	式	堤頂越流型 ローラゲート幅 10 m × 高さ 11 m	数量 6 門 流量 4,400 m ³ /sec 高 (越流頂) EL 606 m
		クレスト		
野水	鬼怒川	面積	2.2 km ²	水位 EL 616 m EL 616 m EL 544 m EL 619 m 深 72 m (6月15日~6月30日)EL 616 m~594 m (7月1日~9月30日)EL 594 m
		洪水時		
他	鬼怒川	貯水容量	83,000,000 m ³	有効貯水容量 76,000,000 m ³ 増砂容量 7,000,000 m ³ 洪水調節容量 36,000,000 m ³ 水利水容 76,000,000 m ³
		貯水容量		
水没補償	鬼怒川	水没戸数	73 世帯 3 棟	畑 8.1 ha 宅地 2.8 ha 山林地 180.7 ha 雑草地 0.05 ha
		土地		
工事	鬼怒川	道路	7.5 km 13.3 km	昭和 37 年 4 月 昭和 43 年 4 月 昭和 45 年 4 月 昭和 48 年 9 月 昭和 49 年 1 月 昭和 57 年 3 月
		橋		
費用	鬼怒川	調査	661 億円	

(4) 都市用水の供給

栃木県, 千葉県の都市用水事業に新たに 7.12 m³/sec の供給をする。供給地は表-3 のとおりである。

3. 工事内容

(1) 主要工事数量 (表-4 参照)

(2) 工 程

昭和 45 年度に工食用道路に着手, 本体工事は昭和 49 年 1 月に掘削工事に着手, 昭和 52 年 6 月完了, 昭和 53 年 4 月には本格的にコンクリート打設を開始した。

補償工事は昭和 48 年度に着手し, 簡易水道, プール, 付替林道等は完了し, 付替県道も本年度中に完了の予定である。残るダム上流右岸道路, 左岸葛老林道工事も 56 年度中に概成の予定である。

水没者に対する一般補償基準は昭和 48 年に妥結し, 昭和 51 年までに移転完了している。

表-3 都市用水供給地

用途別	県別	計画事業名	計画取水量 (m ³ /日)
上水道	栃木	宇都宮市	107,500
		鬼怒川左岸台地	40,600
		藤原町	25,900
上水道	千葉	県営水道第3次拡張事業 千葉県北総地区水道事業	53,500
		計	227,600
工業用水道	栃木	宇都宮市	60,500
		鬼怒川左岸台地	89,000
		真岡市	8,600
工業用水道	千葉	房総臨海地区工業用水道	229,800
		計	387,900
合計			615,400

表-4 主要工事数量

工 種	数 量	新 要	
本 体 工 事	本体コンクリート	627,000 m ³	1次コンソリ 28,000 m 2次コンソリ 35,000 m
	減勢工・副ダム	77,500 m ³	
	岩盤PS工	27,900 m ³	
	PS工	12,700 m	
	コンソリレーショングラウト	63,000 m	
	カーテングラウト	125,000 m	
工 事 用 道 路	特殊コンソリレーション	83,000 m	1,583 m 800 m
	シールドコンソリレーション	15,000 m	
補 償 工 事	道 橋	7,800 m	橋梁 4 橋 (638 m) トンネル 1 本 (987 m) 橋梁 6 橋, トンネル 1 本 橋梁 5 橋, トンネル 2 本
	道 橋	4,000 m	
	道 橋	8 本 17 箇所	
補 償 工 事	付 替 県 道	3,200 m	橋梁 4 橋 (638 m) トンネル 1 本 (987 m) 橋梁 6 橋, トンネル 1 本 橋梁 5 橋, トンネル 2 本
	付 替 村 道	8,500 m	
補 償 工 事	付 替 林 道	6,300 m	橋梁 5 橋, トンネル 2 本
	付 替 簡 易 水 道	1 式	
補 償 工 事	宅 地 遷 成	6.7 ha	

(3) 仮設備計画

ダム本体コンクリートの打設リフトスケジュールを検討の結果、月最大コンクリート打設量 37,000 m³、月平均稼働日数 22 日として計画し、日最大打設量は 3,300 m³ として計画した。原石山はダム本体打設に見合う採取量と(4)項に述べる環境対策の結果、ダムサイト下

流約 5.5 km の位置に計画した。

本体打設は 20t ケーブルクレーンを主体に 9t ジブクレーン、6t タワークレーンを補助機械とした。パッチプラントは 3m³ ミキサ3台とし、右岸ダムサイト上流に設置した。プラント関連の設備フローは図-7のとおりである。

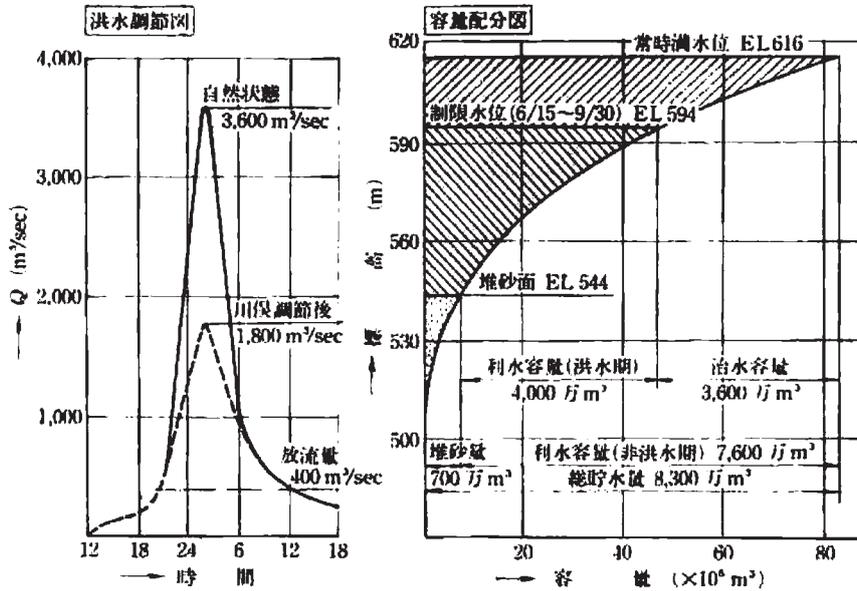


図-2 洪水調節および容量配分図

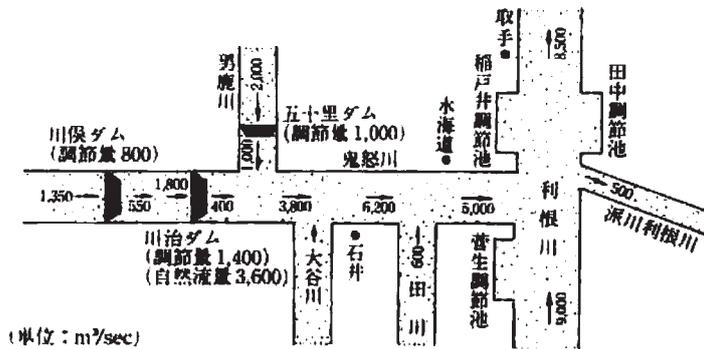


図-3 鬼怒川計画流量図

- (4) 環境対策
- 工事区域全域が日光国立公園内に位置し、ダムサイトの下流約 1.5 km には川治温泉がある。また工事個所の大半が国有林を中心とする山林原野で保安林に指定されている。このため川治ダム建設にあたっての一連の施工設備計画にあたって、
- ① 現在の国道、県道、温泉街等より見えない位置を選定する。
 - ② 騒音、振動、ほこり等の公

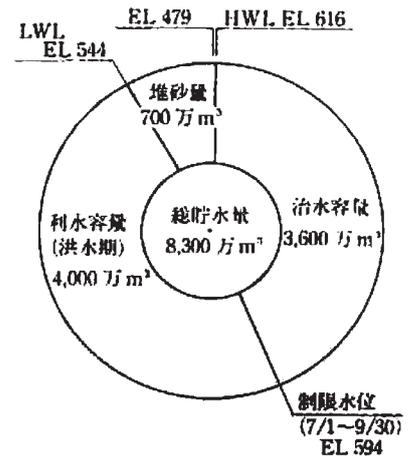


図-4

工種	種別	昭和年度														
		43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
堤体工事	仮排水路および仮締切					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	基礎掘削															
	ボーリング・グラウト コンクリート 放流施設															
仮設備工事	電気関係															
	工事用道路係 骨材関係 コンクリート混合運搬関係															
補償工事	道路関係															
	橋梁関係 用地交渉															
管理設備	管水関係															
	施設開始 実施計画調査															

図-5 年度別工事予定

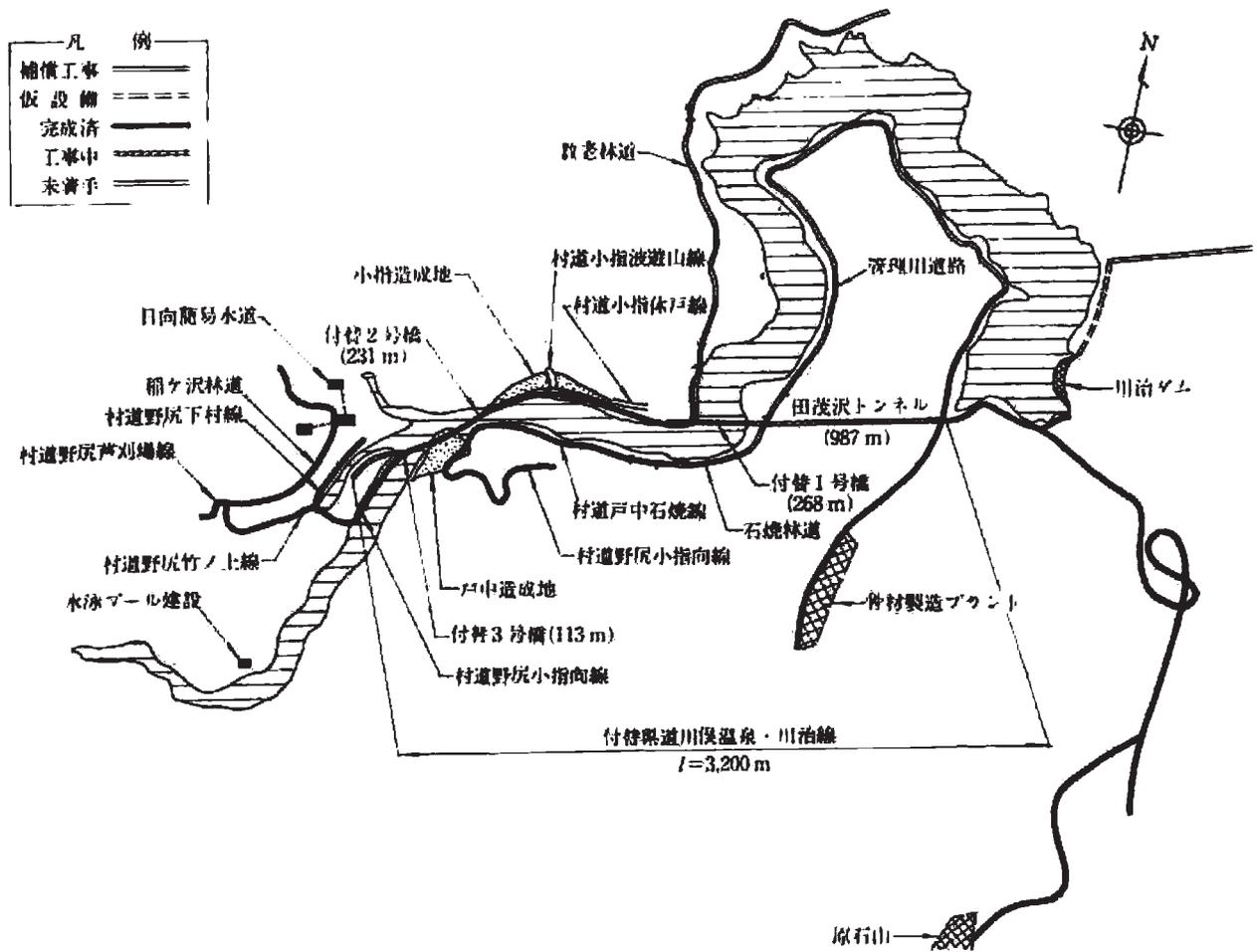


図-6 川治ダム工事実施概要図

害はできる限り少なくする。

③ 自然景観をできる限り損わないようにするとともに、原石山、骨材プラント跡地には緑化対策等を行う。等の配慮を行っている。

4. 主要工事の施工概要

(1) 本体掘削

昭和 49 年 6 月より昭和 52 年 6 月まで行い、総量は約 140 万 m³ であり、環境対策等の関係からダム上流の貯水池内に捨土した。

ダムサイトは地形が急峻であるため、施工は 6t ケーブルクレーンを左右岸に 1 基ずつ架設し、資材およびブルドーザ、クローラドリル等の重機械を分解して搬入し、掘削高 250 m に及ぶ掘削をベンチカット工法により施工した。

(2) コンクリート工事

ダム建設地点の冬期における気温が -17°C になる自然条件を考慮し、図-9 のようにして最盛期本体 33,000 m³/月、減勢工 4,000 m³/月の打設を行った。ケーブルクレーンの打設箇所区分は表-5 のとおりである。また打

設期間は表-6 のとおりである。

コンクリートに用いるセメントは中熱ポルトランドセメントにフライアッシュ 25% を置換えた混合セメントを使用している。打設リフトは標準 2 m、岩着部および越冬ブロックで 1 m とし、ブロック割りは 15 m である。示方配合表を表-7 に、コンクリート打設に使用した主要機械一覧を表-8 に示す。

コンクリートのクーリングについてはパイプクーリング方式により 1 次、2 次に分けて実施しているが、5 月～11 月は人工冷却 (冷凍機 300 RT×2)、12 月～4 月は

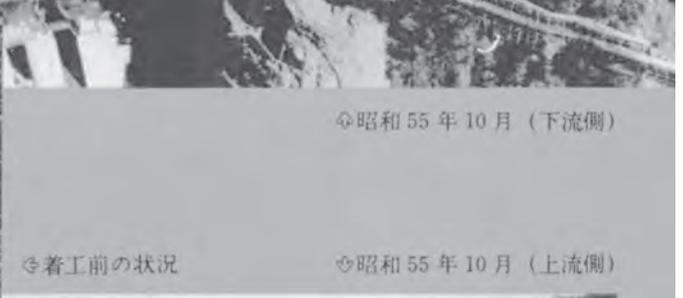
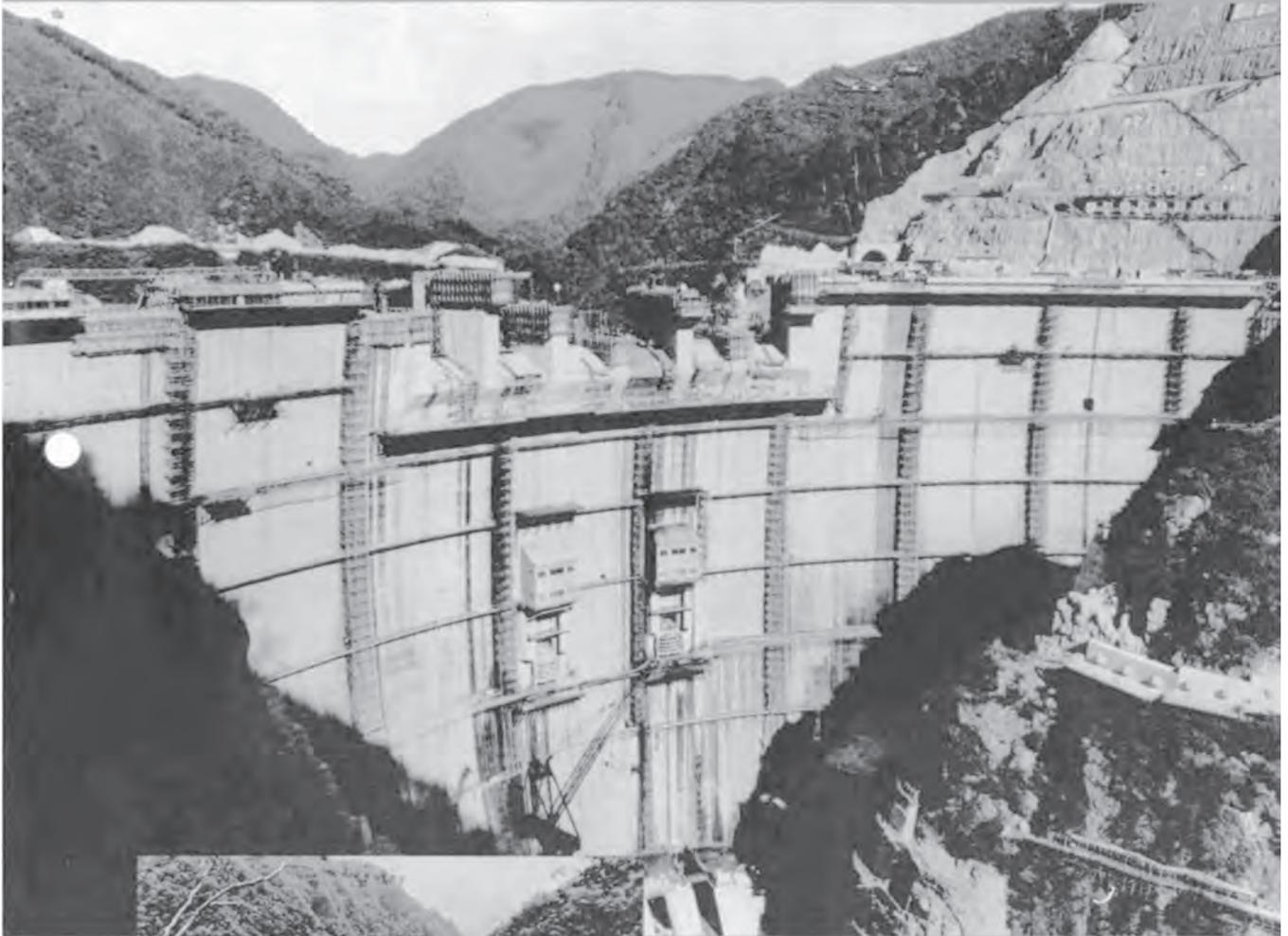
表-5 打設箇所区分

クレーン		本体	減勢工	PS 擁壁
官貨与	20t 弧輪式ケーブルクレーン	○		
	9t ジブクレーン	○		○
	6t タワークレーン		○	○
業者持ち	6t 弧輪式ケーブルクレーン	○	○	○
	6t H型ケーブルクレーン		○	○
	40t クローラクレーン		○	

表-6 打設期間

	打設期間	延べ月数	実打設月数
本体コンクリート	53. 4~55.12	33 カ月	29 カ月
減勢工コンクリート	52.12~55. 9	34	28
岩盤 PS 擁壁	53. 9~55. 6	21	17

完成間近い川治ダム

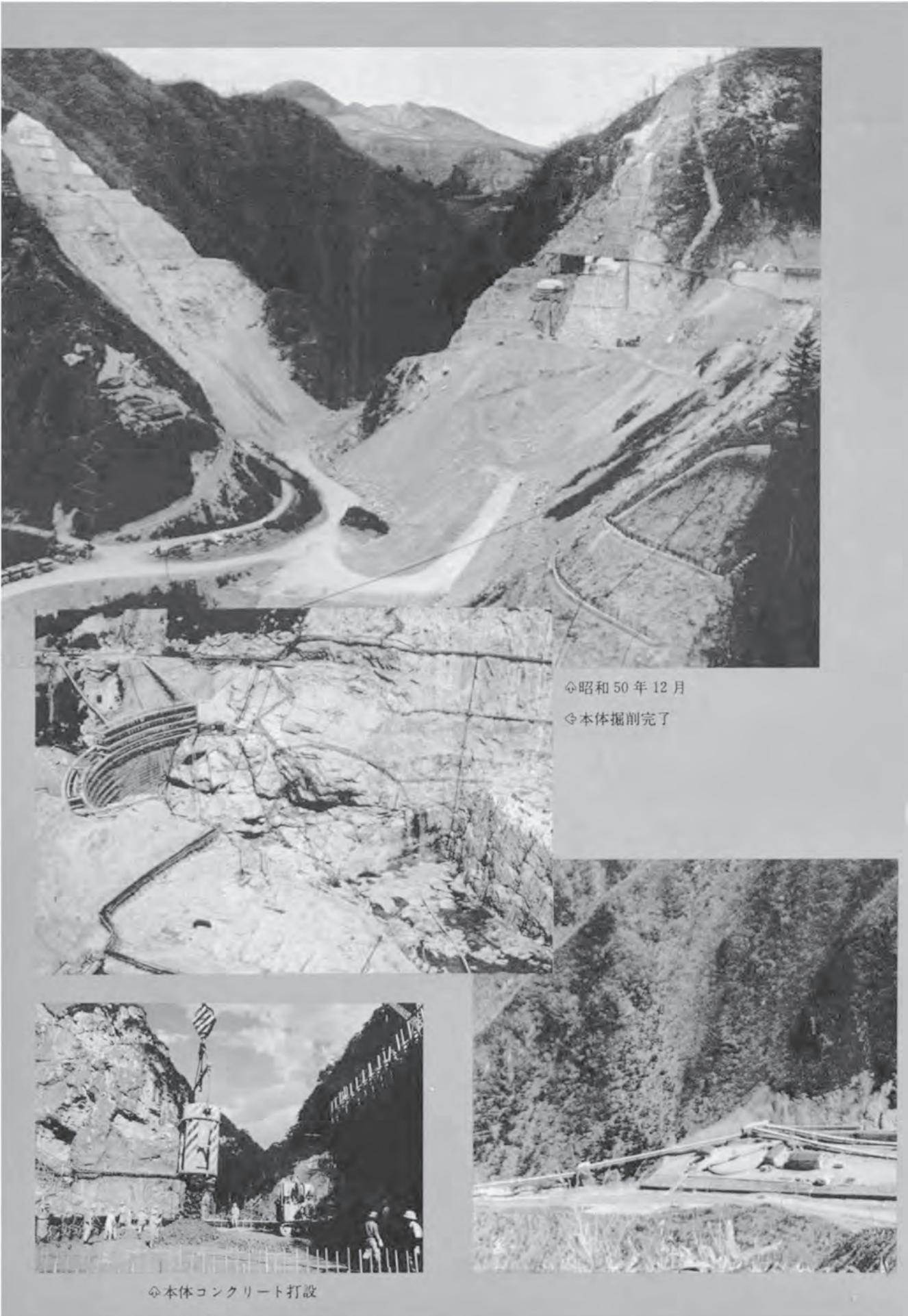


◆昭和 55 年 10 月（下流側）

◆着工前の状況

◆昭和 55 年 10 月（上流側）







◆昭和 53 年 8 月

◆骨材製造プラント全景

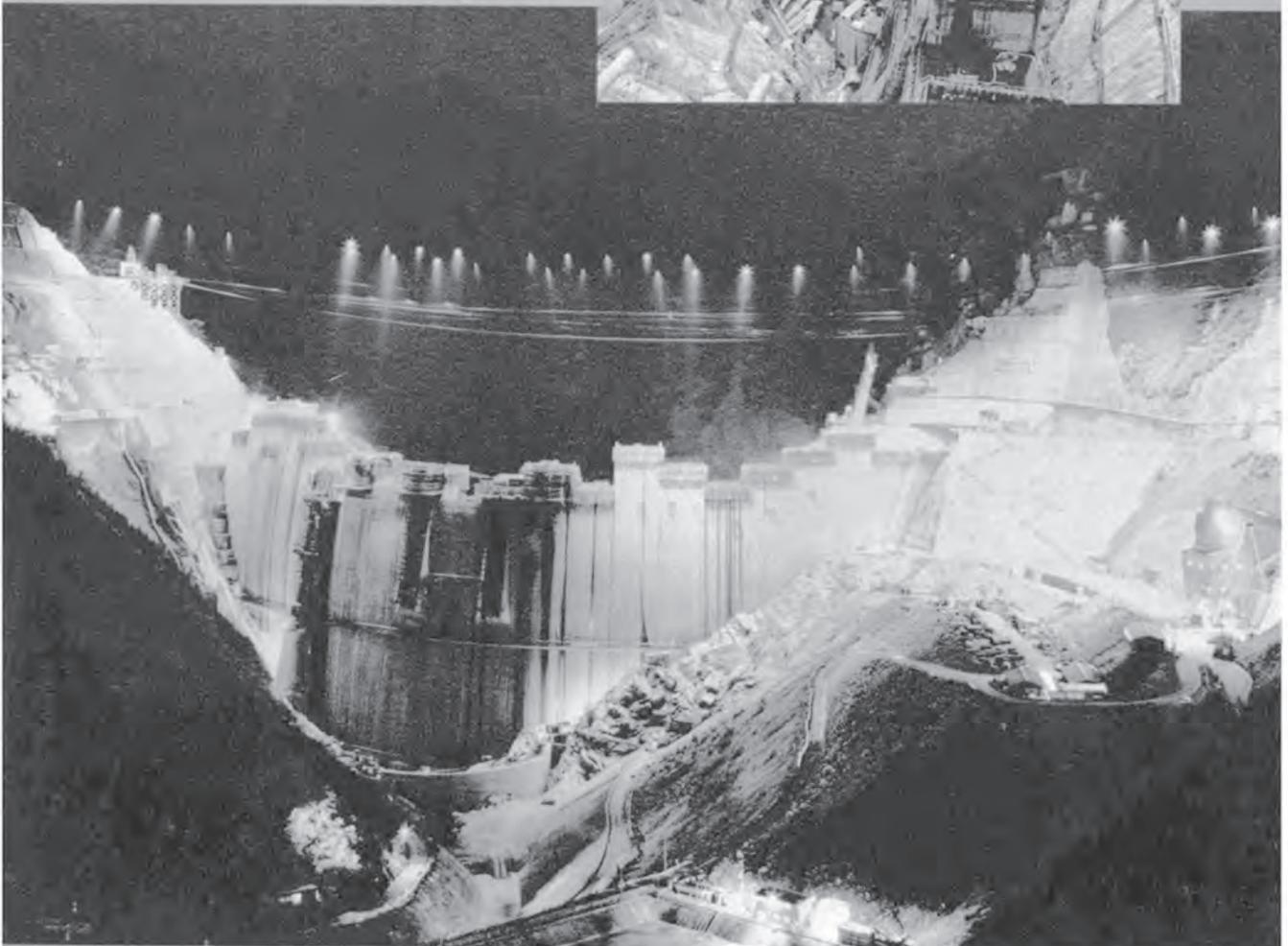


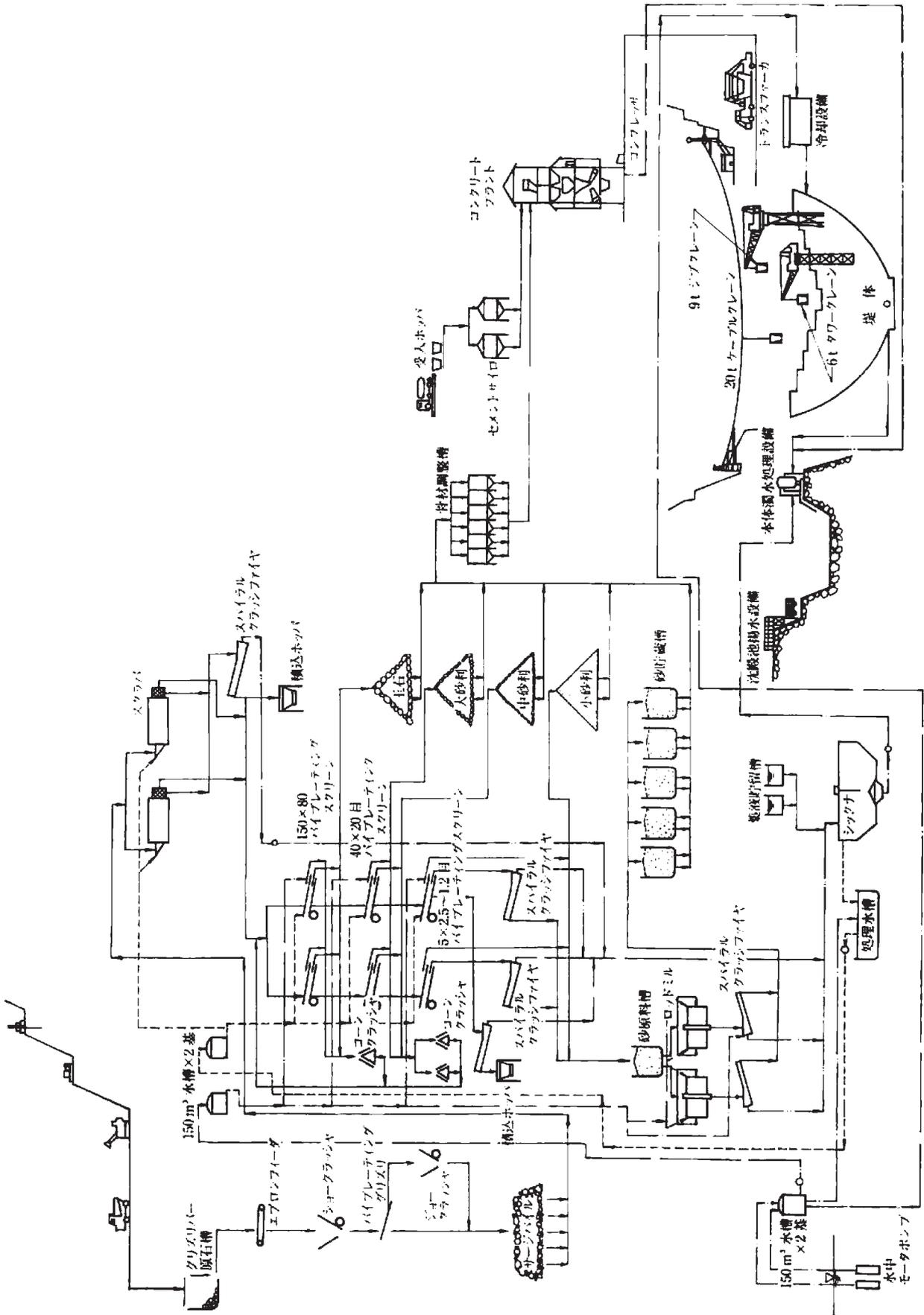


昭和 54 年 8 月



昭和 55 年 6 月





図一7 プラント関連の設備フロー

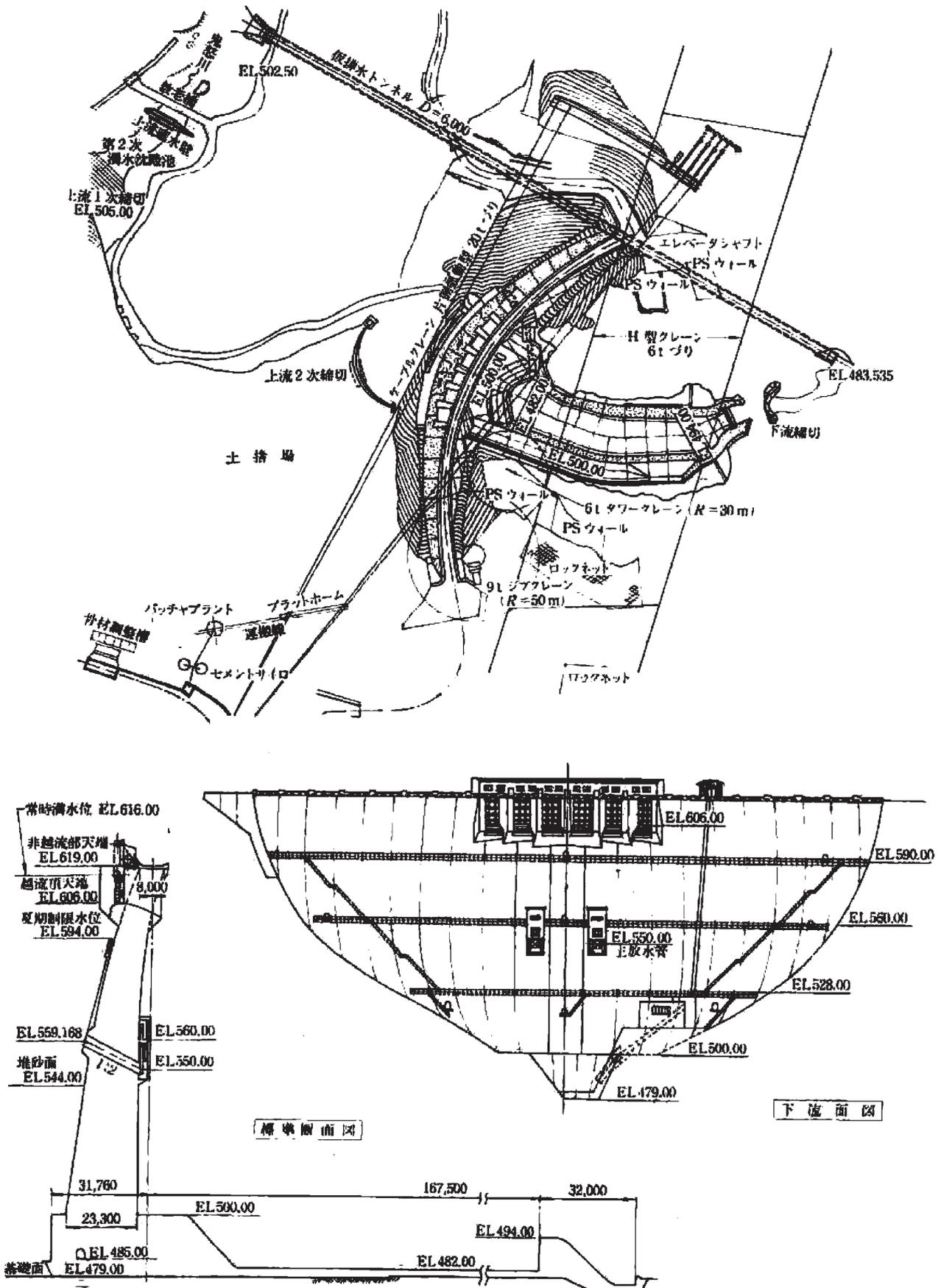


図-8 ダムサイト平面図および下流断面図、標準断面図

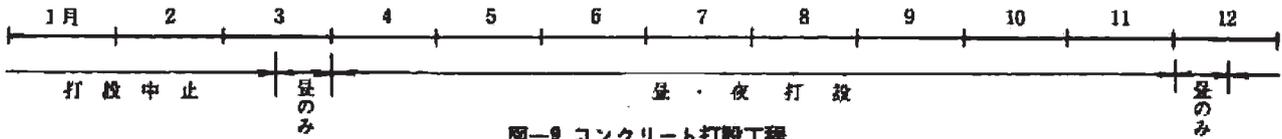


図-9 コンクリート打設工程

表-7 示方配合表

(m² 当り)

配合種別	粗骨材寸法の法 (mm)	スランプの値 (cm)	空隙量の値 (%)	水セメント比 w/c+f (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量								使用箇所	
						水 W (kg)	セメント C+f (kg)	細骨材 S (kg)	粗骨材				混和剤 (g)		フライアッシュ f (g)
						150~80 mm (kg)	80~40 mm (kg)	40~20 mm (kg)	20~5 mm (kg)						
A	150	2±1	3±1	43	25	98	290	520	452	420	355	388	575	57.5	本体(表面内部)、プラグラストブロック、副ダム、減勢工
B	80	4±1	3.5±1	44	32	121	275	625		590	430	460	688	68.8	ギャラリ
C	40	6±1	4±1	44.4	42	151	340	765			525	565	850	85	クレストピア、コンジット、低水放水管
M			7.5±1	43	100	240	570	1,280					1,425	142.5	モルタル(打設面 1.5 cm, 岩盤面 2.0 cm)

自然河川水により行っている。1次冷却では 18°C、2次冷却では 4°C~7°C を目標にしている。

(3) 基礎処理トンネル

カーテンおよび特殊コンソリデーショングラウト用として左右岸 EL 520 m, 560 m, 619 m, 延長 1,250 m の基礎処理トンネルを造成した。断面は 図-10 のとおりである。

(4) 基礎処理

ダムの基礎岩盤は均一なものではなく、節理、破碎帯および断層等の弱点を有する。これらの弱点は湛水後の水圧によって透水し、揚圧力によってダムの安定に影響を与え、さらに岩盤劣化の原因となるため、標準 5 m の多段ステージ工法によりコンソリデーショングラウト、カーテングラウトを実施している (表-8 参照)。

(5) 岩盤 PS 補強工

ダムスラスト部のせん断強度を増加させ、ロッキーピラーの一体化をはかるため φ150 mm のボーリングをして φ32 mm の PC 鋼棒 4 本挿入、1 箇所当り 240 t のプレストレスを導入している (表-10 参照)。

(6) 湧水処理工

骨材プラント、パッチャプラント、

表-8 コンクリート打設主要使用機械一覧

設備・機械名	台数	仕様・能力	備 考			
骨材製造・骨材輸送	1次破砕設備	1式	477 t/hr	官貸与		
	2次破砕設備	1式	460 t/hr			
	骨材洗浄設備	1式	460 t/hr			
	ふるい分け設備	1式	460 t/hr			
	粗骨材パイル機	4基	3,200 m ³ /基			
	製砂設備	1式	190 t/hr			
	砂貯蔵庫	5基	700 m ³ /基			
	濁水処理設備	1式	シックナ φ30 m, 2,000 m ³ 他			
	振動フィーダ	12台	1,100×1,500 mm			
	骨材調整機	1基	1,200 m ³			
	ベルトコンベヤ	13基	W=900 mm, V=90 m/min		1次引出~11基 2次引出~2基	
	セメント輸送	受入ホッパー	2基		3.6 m ³ /基	官貸与
		セメントサイロ	2基		800 t/基	
ロータリフィーダ		2台	50 t/hr			
スクリュウコンベヤ		4基	50 t/hr			
チェンコンベヤ		1基	50 t/hr			
コンクリート混合運搬打設	コンクリートプラント	1基	ミキサ 3 m ³ ×8 台	官貸与		
	トランスファーク	1台	レール式エンドレスロープ 6 m ³ /機			
	トランスファーク	2台	ホイール式 3 m ³ 積			
	ケーブルクレーン	1基	駆動型 20 t ぶり			
	ジブクレーン	1基	固定型 9 t×60 m			
	タワークレーン	1基	固定型 6 t×30 m			
	ケーブルクレーン	1基	駆動型 6 t ぶり			
	ケーブルクレーン	1基	H 型 6 t ぶり			
	クローラクレーン	1基	40 t ぶり			
	パイプローリチ	2台	油圧式 4 連			
	パイプローリチ	1台	電気式 3 連			
共通	運搬用ブルドーザ	1台	7 t	業者持		
	ドリームクレーン	3台	4.9 t ぶり			
	コンクリートポンプ	3台	定置式 60 m ³ /hr		型枠スライド用	
	ターボ冷凍機	2/基	300 RT		官貸与	
	濁水処理設備	1式	中和反応槽 4 m ³ /min 凝集反応槽 12 m ³			
	受変電設備	1式	6,500 kVA			
	定置式コンプレッサ	3台	165 kW			
基礎処理	ボーリングマシン	50台	55 kW	業者持		
	ボーリングマシン	8台	11 kW			
	グラウトミキサ	9台	400 l×2			
	グラウトミキサ	30台	200 l×2			
	グラウトポンプ	40台	ピストン型 7.5~15 kW			
	グラウトポンプ	6台	油圧型 7.5 kW			

本体等から発生する濁水を河川に放流する場合、処理水の基準は県令でSSが40ppm以下、pH5.8~8.6であるので、本体土捨場内に17万m³の沈殿池を設置し、凝集剤、中和剤を用いて処理している(表-11参照)。

(7) 骨材

原石山はダムサイト下流約5.5kmの逆川沿いに選定した。原石採取工法はベンチカット工法により(ベンチ高10m)採取し、跡地のり面はこう配1:0.6、高さ20mごとに3.5mの小段を設けたものとしている。

原骨材の最大径は900mmとし、ダムサイト右岸上流

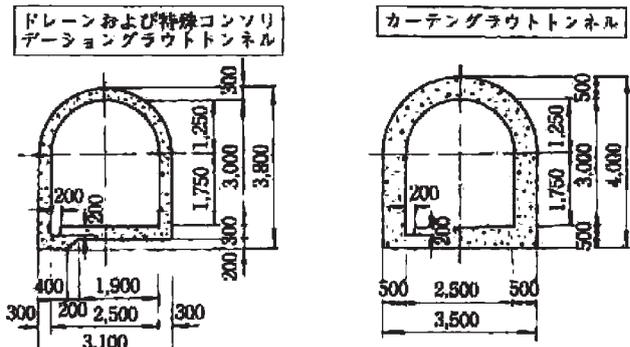
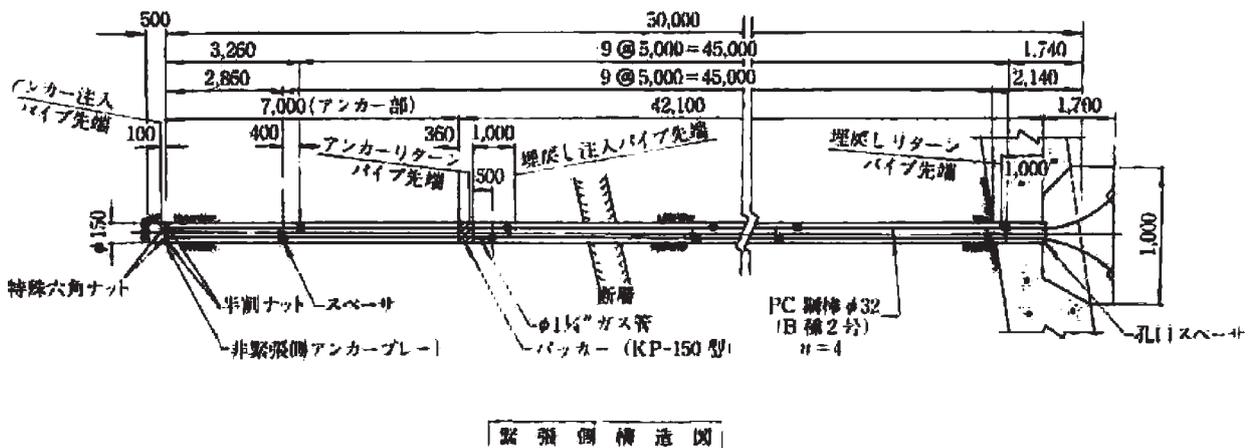


図-10 基礎処理トンネル断面図

表-8 基礎処理

種 類	線延長	注入圧力 (kg/cm ²)	目 的
1次コンソリデーショングラウト	27,900m	3~5	ダムコンクリート打設に先行し、基礎岩盤の支持力強化のため、着岩部全域にわたり基礎面より10m間をグラウトする。
2次コンソリデーショングラウト	34,900m	~25	着岩コンクリート打設後着岩部の止水効果や基礎岩盤との一体化、強化をはかるため基礎面より20m間を1次コンソリより高圧でグラウトする。
トンネル周辺グラウト	8,200m	~10	基礎処理トンネルよりのカーテングラウト施工に先立ち、トンネルの周辺の強化のため周辺3m間をグラウトする。
特殊コンソリデーショングラウト	8,300m	~30	左岸に発達しているF-7断層群の強化と止水効果を高めるため左岸EL520基礎処理トンネルよりグラウトする。
シュルダ部コンソリデーショングラウト	14,800m	~20	ダムの水平力を支持するシュルダ部の強化と岩盤PS工の施工をスムーズにするため左右岸のシュルダ部を補強グラウトする。
カーテングラウト	124,700m	~50	基礎岩盤内に連続した止水用グラウトカーテン網を形成するため基礎処理トンネルやダム監査室内から基礎面よりダム高Hの深さまでグラウトする。
ドレーン孔	2,730m	~12	ドレーン孔設置のため基礎処理トンネル監査室よりφ66で施工する。



緊張側構造図

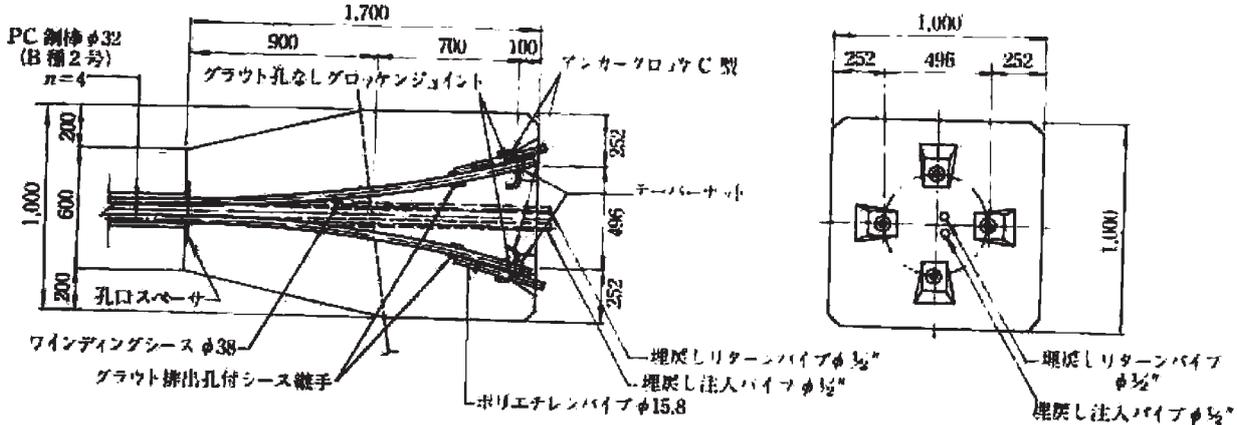


図-11 岩盤PS工標準断面図

約 2 km 地点の田茂沢の山間に設置した骨材プラントまでダンプトラックで専用の工事用道路を運搬した。骨材は 150~80 mm, 80~40 mm, 40~20 mm, 20~5 mm と細骨材の 5 mm 以下に区分して貯蔵した。ストック量は約 1 週間分としている。ここからダムサイトの調整ビン(ストック量 6 時間分)まではベルトコンベヤ輸送とした。

(8) 水源地域整備事業および補償工事

ダムを建設すると必ず水没者が出る。川治ダムでは水没者の意向を取入れて貯水池周辺に移転地を造成した。またタイミングよく水源地域対策特別措置法が昭和 48 年に制定され、この法律に基づく水源地域整備計画が作成されたことである。これは圃場整備, 治山砂防, 県道改良, 村道林道の設置, 簡易水道, 小学校改築, プール, 貯水池周辺整備, 公民館の建設等, 生活再建に必要な施設の整備が折り込まれた。この整備事業は当初計画で総額 45 億円である。このうち地元負担金については下流受益者が負担している。事業の内訳は 図-12 のとおりである。

5. おわりに

川治ダムが工事着手以来, 比較的円滑に事業が進捗していることは, 地元関係者の理解と協力, ならびに下流受益者を含む当ダム事業にかかわる関係各位の協力によるものであり, 深く謝意を表する次第である。



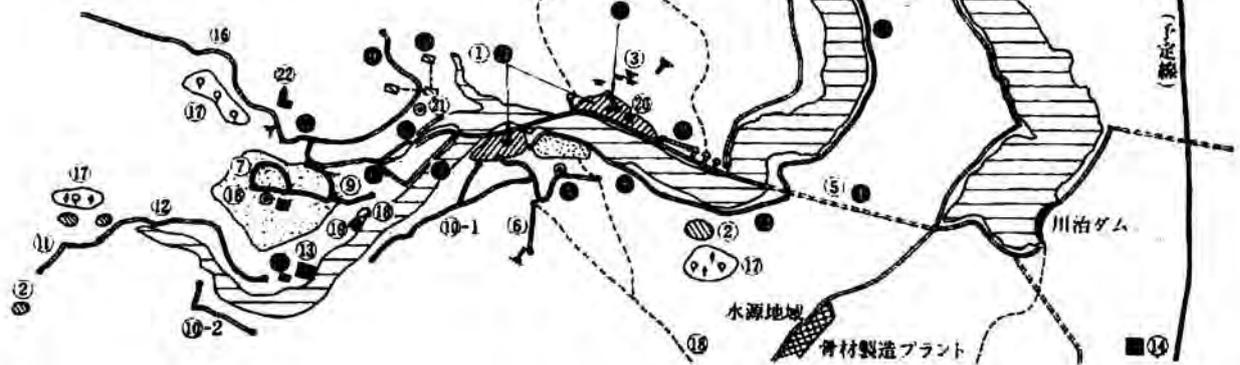
写真-1 PS 鋼棒挿入中

表-10 岩盤 PS 補強工

	施工延長	本数	備要
左岸	3,050 m	55 本	40~70 m
右岸	7,275 m	146 本	25~70 m
計	10,325 m	201 本	

表-11 濁水処理工

薬品	仕様	濁水 1m ³ 当り使用量	備要
1次凝集剤	ポリ塩化アルミニウム	40g	タイバック 5010
2次凝集剤	有機高分子凝集剤	1g	アコブロック A-110
中和剤	液化炭酸ガス	260g	



● 整備事業

- ① 日向地区県単独ほ場整備事業
- ② 鬼怒川流域日向・日蔭地区治山事業
- ③ 日向地区通常砂防事業
- ④ 県道川保温泉川治線道路整備事業
- ⑤ 県道川保温泉川治線道路付替事業
- ⑥ 村道戸中付場線道路改良事業
- ⑦ 村道野尻竹ノ上線道路整備事業
- ⑧ 村道高老西川線道路改良事業
- ⑨ 村道野尻大王線舗装新設事業
- ⑩-1 村道戸中イラクホ日蔭線道路改良事業
- ⑩-2 村道戸中イラクホ日蔭線道路改良事業
- ⑪ 村道松ノ水平羽根久線道路改良事業
- ⑫ 日向簡易水道施設整備事業

- ⑬ 日向小学校移転改築事業
- ⑭ 川治中学校用水泳プール建設事業
- ⑮ 広城基幹林道前沢瀬ヶ沢線整備事業
- ⑯ 普通林道野尻刈場和仁田線整備事業
- ⑰ 湯西川・日向・日蔭地区人工造林事業
- ⑱ 日光国立公園川治ダム貯水池周辺整備事業
- ⑲ 日向公民館建設事業
- ⑳ 日向公民館分館建設事業
- ㉑ 日向地区防火水槽建設事業
- ㉒ 栗山村ごみ処理場建設事業

● 補償工事

- 県道川保温泉川治線
- 村道小指休戸線

- 村道小指波遊山線
- 村道野尻小指向線
- 村道野尻刈場線
- 村道野尻竹ノ上線
- 村道野尻下村線
- 村道戸中石焼線
- 瀬ヶ沢林道
- 数老林道
- 石焼林道
- 日向簡易水道
- 水泳プール建設
- 戸中小指地区地上げ
- 管理用道路

図-12 川治ダム水源地域整備事業および補償工事内訳

記憶に残る工事 4. 昭和 58 年 4 月号 (第 398 号)



特集*青函トンネル先進導坑貫通記念 青函トンネルで開発した施工技術

井上俊隆* 星加博二**

秋田勝次***

1. はじめに

去る1月27日、先進導坑の貫通式が盛大に挙行政され、有史以来初めて北海道は本州と陸路により結ばれ、新しい時代を画することとなった。

昭和39年5月、福島町吉岡において、北海道側調査斜坑の掘削に着手以来18年余、幾多の人々の熱望、意欲、協力、辛苦の結果、先進導坑の貫通は達成され、本トンネルの完成を確実なものとした。本トンネルの未掘削区間は、海峡中央部で2km余りとなり、昭和60年度完成が見込まれている。

このトンネルの施工にあたっては、約40年前関門トンネルを完成させたのをはじめ、数多くの難工事を克服した、鉄道トンネル技術の総力が結集されたのはもちろん、海底炭坑掘削の経験等関連する周辺技術の協力と、諸先輩の英知が発現された。以下に青函トンネルの施工技術のあらましを述べることにしたい。

2. 青函トンネルの特色とその施工法

青函トンネルの特色は次の3点に要約される。

- ① 総延長53.85kmと比類なく長大である。
- ② そのうち23.3kmが北海道を本州と隔てる津軽海峡下にある海底トンネルである。

③ とりわけ海底下で地質が不良である。

施工上の特徴としては、

- ① 無限の貯留量(リザーバ)を持つ海底下で、高被圧水(25kg/cm²)下のトンネル掘削という未経験な分野

* INOUE Toshitaka

日本鉄道建設公団青函建設局次長

** HOSHIKA Hiroji

日本鉄道建設公団青函建設局技術課長

*** AKITA Katsuji

日本鉄道建設公団青函建設局技術課

であり、しかも万が一にも失敗は許されないため、施工技術の開発を含め調査工事(先進導坑)と本工事がきびすを接して行われたこと。

② 海底下の延長が長く、しかも可能な限りの事前調査によっても地質等の地山条件が不明確なため、本坑を掘る手段として先進導坑、作業坑の2本の導坑を先行して施工した。またそれへのアプローチとして本州側、北海道側にそれぞれ斜坑、立坑を掘削した。

③ 海峡中央に向って低くなる線路こう配のためトンネル湧水の強制排水が必要であり、また坑内の大々的な強制換気、工所用資材、機器の確保、ずり運搬等の輸送が大規模かつ重要な問題である。

④ 先進導坑はもともと先行して掘進し、本工事のための調査と技術開発を兼ねるため公団直轄で行われた。

このトンネルは海面下240mと深いため一般の山岳トンネル工法によるしか方法がないが、高被圧水下の不良地質を確実に掘り進めるため、

① 前方の地質、湧水の状況等を事前に知るため水平先進ボーリングを行う。

② 湧水を確実に止め、地山を改良するため、注入を行うことを基本とした。

20km余の海底下の施工においては大小の断層、異常な土圧、異常出水などさまざまな困難に直面したが、苦心の末、無事克服することができた。

今後の課題としては、

- ① 本坑の完成
- ② 防災対策(特に火災対策)を含めた保守開業設備
- ③ 保守管理体制
- ④ 多目的利用

等である。なお、工事誌の作成、施工技術の集大成、継承も重要な課題である。

3. 先進ボーリング

事前に十分な地質調査が不可能な海底トンネルを掘進するにあたり前方予知のため水平先進ボーリングの開発は重要な課題の一つであった。調査用斜坑の掘削当初から WL (ワイヤライン) 工法によりコアボーリングを行い、湧水の有無に重点をおいて調査を実施するときはより高速掘進のできるトリコンビットによるノンコア工法を採用し対処していた。しかしながら、昭和 47 年度から粘土鉱物 (主にモンモリロナイト) を多量に含む吸水膨張性の崩壊しやすい地層や断層破砕帯に遭遇することが多くなってからは、特に WL 工法ではアニュラー面積が狭いためにスライムを十分に排出できず、ロッド抑留のトラブルが多くなり、掘進能率が著しく低下した。このため圧力掘り工法、ケーシング掘り工法、二重管掘り工法、エア掘り工法、リバース工法などを試行しながら試すい機、付帯器具の種々の改善、ならびに開発を行い効果をあげたが、崩壊しやすい地層および高圧湧水を伴う被圧環境下においては、昭和 50 年以降リバース工法 (単管および二重管式) が最良の工法として採用され、掘進速度が良好でコア採取率もよく、確実に切羽から 500 m 以上先進させるに至っている。

先進ボーリングの基地としては掘込式の横坑方式ではなく、坑道を拡幅して横坑型とした坑道拡幅型横坑方式の方が作業性、切羽前方への先進性がよいことから昭和 50 年より採用するに至っている。

水平先進ボーリングの大きな問題の一つに長尺化した場合の精度があげられるが、孔曲りを最小限にいくとめるためスタビライザの使用、またビットおよびロッドの



写真一 先進ボーリング基地 (坑道拡幅型横坑方式)

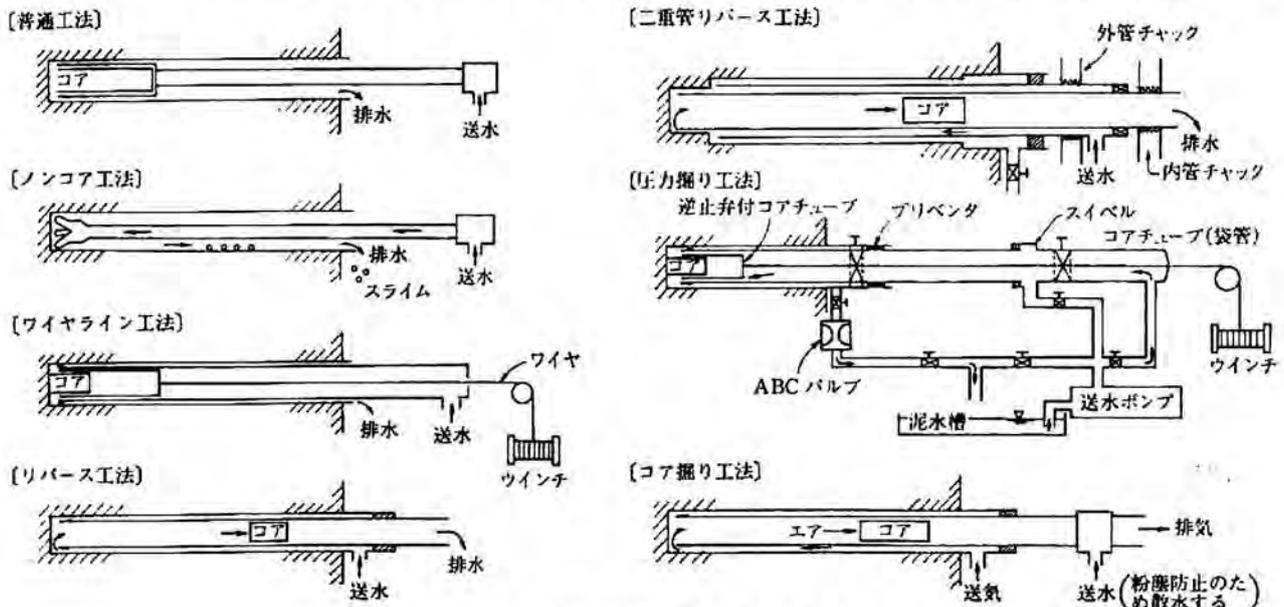
組合せ、ロッドの回転数、給圧力の変化により孔曲りを修正し、維持していく技術も習得した。さらにスペーサンによる孔曲り測定を併用し、ボーリング孔の軌跡の把握に努めている。

先進ボーリングは直轄施工されたが、施工総延長は 120 km に達している。また水平先進ボーリングの最大掘進長としては北海道方先進導坑においてリバース工法により昭和 56 年 3 月に 2,150 m を記録している。

4. 注入工法

海底トンネルを安全確実に効率よく掘削するためには、無限の貯留量を持つ湧水を確実に止め、軟弱破砕帯の地盤改良を行うことが最も重要な条件であり、適切な注入工法の開発が調査工事段階から主要な課題の一つであった。

調査斜坑時代から注入を余儀なくされ、普通セメント



図一 ボーリング工法の概念図

による注入を主体とし、補助的に3号水ガラスを使用した LW 注入により対処していたが、止水効果、作業性、経済性に難点があり、注入材料、注入工法の大幅な改善をめざし委員会等を設置して検討してきた。この中で、注入材料については低モル比の水ガラス ($\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}=2.2$) と高炉コロイドセメントを組合せることにより高強度で浸透性がすぐれ、耐久性のよい材料が開発され、グラウトとしての物性値としては表-1に示すように材令3日で一軸圧縮強度が 20 kg/cm^2 以上、ゲルタイム2分以上が優に得られるに至った。このセメント水ガラスグラウトのゲルタイムを適切に取り地山に注入することで、高圧湧水を伴う破碎帯をも突破することに成功した。また、注入作業のスピード化を図るため同時多孔注入の常用化を推進させ、2~4孔の並行作業を定着させることに成功した。

注入用さく岩機、注入ポンプについては、坑内の狭隘な場所に供されるためできるだけコンパクトなものとし、PR-123 型さく岩機、HFV-5D 型注入ポンプ、ダブルコンポンプを多用し、すべて台車上に搭載して機動力の向上、操作の簡易化を図った。

注入の設計、施工については、岩質により堅岩、軟岩、破碎帯と大別した標準を定め、先進ボーリング、さぐり孔からの湧水等の情報をフィードバックさせながら管理をし、目標とした止水効果を達成した時点でチェック孔を掘り、安全を確認してから掘削をするものとした。図-2 に本坑における注入計画標準模式図を示す。

このほか、多量の湧水にみまわれた陸上部（算用師工区、袋内工区）においても注入の必要に迫られたが、セ

表-1 低モル比セメント水ガラスグラウトの物性値

水ガラスモル比	セメント		混合比	ゲルタイム	圧縮強度 (kg/cm^2)
	高炉コロイドセメント	セメントミルク W/C			
2.2	スラグ率	100%	1:1	1'31"	77.0
⑤/号		150	1:1	2'27"	21.6
75%液	55%	200	1:1	3'40"	13.3



写真-2 先進導坑注入基地（ダブルコンポンプ）

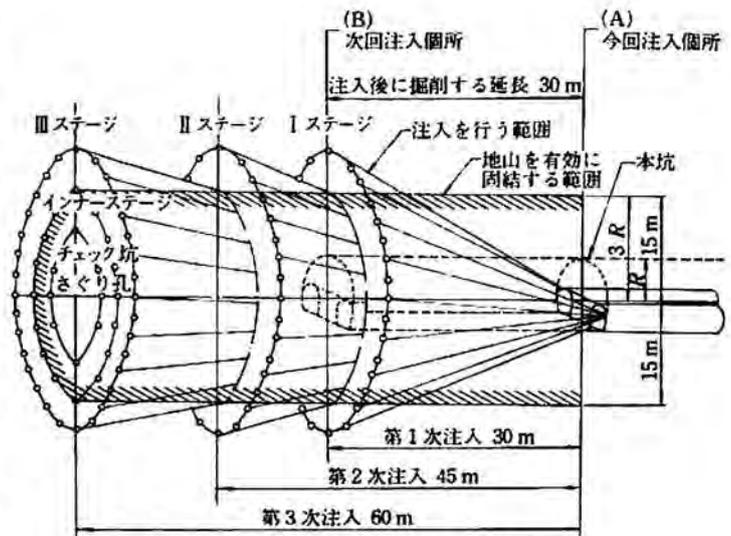


図-2 注入計画標準模式図（13本坑）

メント系注入材料でありながらゲルタイムを自由にコントロールができ、強度も高く排水処理の容易なデンカES 注入を施工し、よい効果をあげるに至った。

注入しなければ掘れない、また将来の永久的揚排水量をおさえなければならない青函トンネルの特殊条件下において、注入工法を能率的、経済的、かつ安全なものとして確立したことは、数多い青函トンネルの技術開発の中でも特筆すべきものの一つと思われる。

5. 吹付コンクリート

近年のトンネル掘削技術の進歩（特に NATM 工法）に伴い、トンネルの1次掘工として吹付コンクリート工法が広く採用されるようになった。青函トンネルでは北海道側で昭和 40 年1月、本州側で昭和 41 年5月に西ドイツからトルクレット式吹付機を導入して以来、現在に至るまで種々の改良を経て大量の吹付コンクリートを施工し、日本のトンネル工事における吹付コンクリート施工の草分けの役割を果たしている。

トルクレットによる乾式工法は、粉塵発生量が多く、作業環境を悪化させること、ノズルマンの掘で加水するため単位水量の管理が困難なことなどの欠点を有する反面、施工が容易であり、また圧送距離が長くとれるなどの利点をもっており、昭和 49 年にアリバ式吹付機が導入されるまで青函トンネルにおける吹付機の主役として活躍してきた。

一方、湿式工法として昭和 47 年3月にコンパルナス式吹付機、昭和 47 年8月にスピロクリート式吹付機がそれぞれ導入された。乾式吹付に比べて粉塵発生量が少なく、吹付けられたコンクリートの品質にバラツキが小さいなどの長所を有するが、材料の品質管理の煩雑さ、圧送距離が短くホースの閉塞を生じやすいなど施工性に大きな問題があり、大量使用には至らなかった。その後

トルクレット式吹付機の性能を上回る同じ乾式吹付機としてアリバ式吹付機が昭和 49 年 5 月に導入され、現在に至るまでアリバ 260 型吹付機が主に使用されている。アリバ式吹付機は同じ乾式吹付機のトルクレットと同様の長所、短所を有しているが、トルクレット式に比べて取扱いが簡単で、かつ吐出量も大きいいため施工性においてすぐれ、トルクレット式吹付機に替わって用いられるようになった。

一方、乾式にも湿式にも属さない「SEC 吹付コンクリート工法」がリブコンエンジニア（株）と青函建設局とで共同開発され、現在一般にも徐々に用いられつつある。SEC 吹付コンクリートシステムは 図-3 に示すように 2 系統よりなる吹付システムである。すなわち、1 次側は SEC モルタルをポンプ圧送し、2 次側は骨材（急結剤を添加）を乾式吹付機により空気圧送し、ノズル付近で両者を合流させて吹付ける工法である。この工法は乾式同様の圧送距離がとれるうえに、吐出量が大きく、粉塵発生量およびはね返りが少なく、吹付コンクリートとしての品質バラツキが小さいなど種々の利点を有することが判明しており、理想的な吹付工法と考えられ、今後ますます汎用されることが期待される。

6. SEC 工法

青函トンネルでは断層破碎部での 200 t/m² 以上の大土圧に対処するためフープ鉄筋付モルタル中詰鋼管支保工の採用に至ったが、新幹線断面に対する検討では軸力で 1,000 t 以上の耐力が必要であることが判明した。鋼管支保工の耐力に関しては中詰モルタルの品質が最も大きな要因であると考えられるため、高品質のモルタルを必要とし、その要求される基本条件としては

- ① 初期強度、長期強度がともに高いこと ($\sigma_3=200$ kg/cm², $\sigma_7=300$ kg/cm², $\sigma_{28}=400$ kg/cm² を目安)。
- ② 適当な打設機械で十分に充填可能な流動性を有す

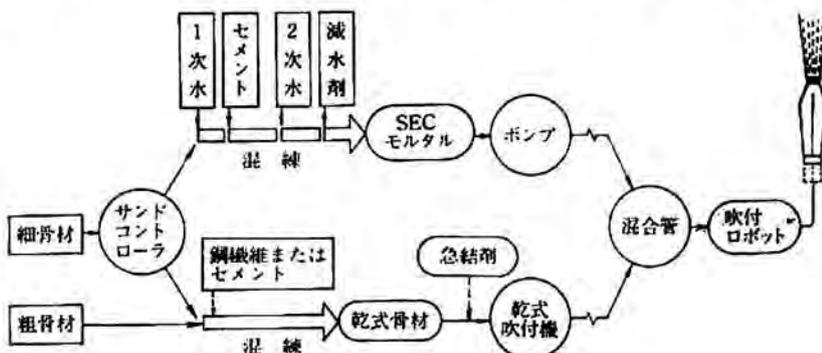


図-3 SEC 吹付工法系統図



写真-3 先進導坑の吹付コンクリート

ること。

- ③ プリージングが少なく、また材料の分離抵抗性が大きいこと。

これらの諸条件を満たすためリブコンエンジニアリングと共同で種々の実験を行ったところ、モルタルの特性に関して砂の初期表面水率が大きく寄与することが明らかになり、SEC 工法が極めて有効であると考えられた。SEC とは Sand Enveloped with Cement の略であり、SEC 工法とは砂の表面にセメント粒子を付着させて水セメント比の小さいキャピラリー状のセメントペーストの皮殻を形成するようにしたものであり、このセメントペーストの水セメント比を 15~30% に調整しておくこと、後で水を添加して流動性のよいモルタルあるいはコンクリートの状態にしても皮殻は壊れることなく、全体として 図-4 のような状態になる。

実際の製造方法としては、まず砂の表面水率を一定にするための機械であるサンドコントローラを通過させることにより砂の表面水率を調整し、次に表面水率を所定の値とするため調整水 (W₁) を添加して混練し、同時に粗骨材も投入する。このあとセメントを投入して混練し、骨材の造殻を行い、最後に残りの混練水 (W₂) および必要な減水剤を添加して混練する。以上により SEC コンクリートが得られる。

SEC モルタルおよびコンクリ

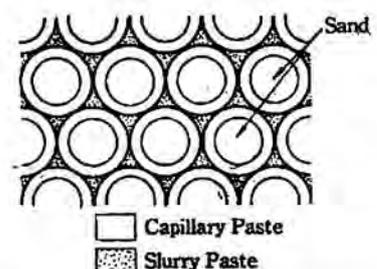


図-4 SEC コンクリートのモデル

ートに関する種々の実験を行った結果、SEC 工法には次のような特徴のあることが認められた。

- ① プリージングが少ない。
- ② 骨材の分離、沈降に対する抵抗性が大きい。
- ③ 強度がアップし、しかも品質にバラツキが小さい。
- ④ 流動性がよいため圧送性にすぐれている。

このように SEC 工法は従来工法に比較して、コンクリートの諸性質を大幅に改善するものであり、これにより施工性の向上、また構造物としての品質の向上が図れるものと思われる。実際に青函トンネル本州方の坑門コンクリートの本体部分は SEC コンクリートで施工しており、良好な施工結果を得ていることから、今後ますます活用されるべきものと期待できる。

7. 膨張性地山における施工法 (周壁導坑先進円形ショートベンチ工法)

北海道側吉岡工区 33 km 付近は F-10 断層の影響帯により地山が脆弱化しており、200 t/m² もの強大な土圧が計測され、地盤支持力も小さいことから沈下に弱い円形ショートベンチ工法では対処しきれず 沈下と膨圧に強い 図-5 のような周壁導坑先進円形ショートベンチ工法を採用した。この工法とフープ鉄筋付鋼管支保工の組合せで F-10 断層の強大な土圧に十分対処可能と判断された。この工法の特徴としては次のような点があげられる。

- ① 上半支保工底板相当部分の支圧面積が大きくなるので沈下が小さくなる。
- ② ベンチカット工法の弱点である下半切羽付近にお

表-2 推定土圧別支保工形式

推定土圧	高強度鋼管支保工形式
70~130 t/m ²	10 in 鋼管支保工フープ筋付：肉厚 90 mm，フープ筋 φ 22 mm，SD-35， $\sigma_c=400 \text{ kg/cm}^2$
130~200 t/m ²	12 in 鋼管支保工フープ筋付：肉厚 10.3 mm，フープ筋 φ 22 mm，SD-35， $\sigma_c=400 \text{ kg/cm}^2$

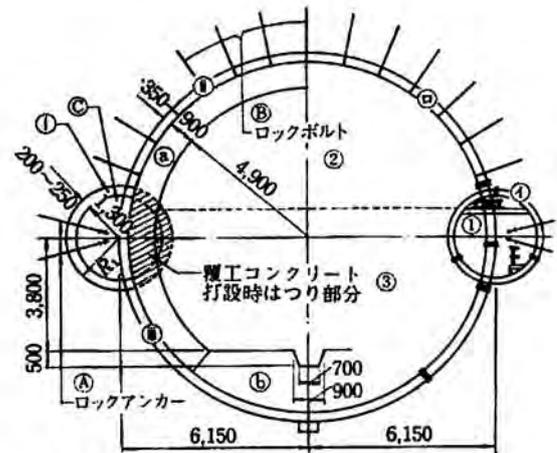


図-5 周壁導坑先進円形ショートベンチ工法

いて、上半支保工の荷重を周壁導坑の梁で受けもてるので緩みが最小に押えられる。

③ 上半掘削に先だてて導坑を掘削できるので前方地質状況、湧水の確認ができる。

施工手順としては、スプリング部分に円形小断面導坑を先行して掘削し、ロックアンカーを打設し、コンクリートで断面を埋戻し、地耐力の増強を図る。その後、円形ショートベンチ工法によりトンネル全断面をフープ鉄筋付鋼管支保工を使用し施工する。最後に吹付を施工後ロックボルトを打設する。この工法により沈下も少な



写真-4 青函トンネル入口(本州側)

く、無事膨圧区間を突破することができた。

8. その他

測量、トンネル掘進機、換気、揚水、排水処理設備、工事保安対策、断層突破、異常出水対策等さまざまな問題があるが、紙面の都合上割愛する。また漏水のないトンネルを造ることは、良質なトンネルとするための重要なポイントであるが、特に関門トンネル（在来線、新幹線）の経験によれば、海底部の漏水は海水に近く、塩害という厄介な問題を背負うことになる。したがって、青函トンネルでは塩害に強い材料、機器の開発を行うのはもちろん、トンネル内への漏水を可能な限り、できれば100%シャットアウトするように努めている。

9. おわりに

以上個々の技術の要点について述べたが、個々の技術を集大成、組織化する施工体制、集団としての技術の保



写真—5 周壁導坑先進円形ショートベンチ工法

持がより重要と思われる。

最後にあたり、このプロジェクトを推進し、貫通に導いた諸先輩をはじめとする工事関係者に深甚の敬意を表し、また現場で指揮監督あるいは直接作業にあたった職員、作業員の方々に深く感謝いたします。また、このトンネルはひとまず在来線で供用開始される予定であるが、他の交通機関と対抗できる新幹線が北海道に乗り入れる日が早いことを願うものである。

記憶に残る工事 5. 昭和63年3月号 (第457号)

児島・坂出ルート海峡部上部工工事の特徴

金 沢 克 義*

1. はじめに

児島・坂出ルート海峡部上部工工事の特徴としては、

① 連続した鋼およびコンクリート長大橋による渡海工事

② 道路・鉄道併用橋

③ 大型クレーン船による大ブロック架設

④ 大規模振動実験による実橋の動的特性照査

など数多くあるが、本橋では大型クレーン船(以下「FC」という)による大ブロック架設について以下述べることにする。

FCによる大ブロック架設は従来工法であるが、児島・坂出ルートでは独自の技術開発を行い、以下の目的で本工法を多用した。

① 急速施工法であるため大幅な工期短縮が可能となる。

② 製作・架設を含めたトータルコストが安くなり経済的である。

③ 危険作業の期間が短いため工事安全の確保が容易となる。

表-1に本ルートにおける大ブロック架設の一覧表を示し、これらのうちの代表的なものについて次章以下に述べる。

2. ケーブルアンカーフレーム

ケーブルアンカーフレーム(以下「CAF」という)はつり橋においてケーブル張力を基礎にスムーズに伝達させるため、躯体コンクリート中に埋設される立体鉄骨組構造物であり、具体的には空中に露出した引張材先端部にケーブルソケットを定着する構造となっている。従来は現場で鉄骨を1本ずつ組立ててCAFを架設してきた

が、南北備讃瀬戸大橋の4A、7Aの各4基、および2基のCAFでは架設位置が海上であるため、世界で初めてFCによる大ブロック架設を行った。

大ブロック架設の利点としてはつぎの諸点がある。

① 大幅な工期短縮がはかれる。

② 組立精度が工場での立体組立で決定されるため高い精度が保証される。

③ CAF設置面のコンクリート打設休止期間が短くなり、マスコンクリートの品質管理上望ましい。

以下には4AのCAF架設を例にとり、その概要を述べる。

① 立体組立はFCによるつり取りおよびピアサイトまでのつり運搬が可能な三井造船玉野工場の岸壁とドックで各々2基ずつ行った。

② 輸送は3,000tづりFC「武蔵」により海上22哩をつり運搬し、そのまま架設した(写真-1参照)およびその位置決めはFCのアンカーワイヤのウインチ操作で、微調整は10tヒッパラーおよび100tセンターホールジャッキで行った。

③ 4A西側海上には障害物があるため、東側からのみ架設する必要があった。このためFCのアウトリーチが不足する西側CAFは東側に仮置後、図-1に示す



写真-1 南北備讃瀬戸大橋4Aケーブルアンカーフレームの架設

* KANAZAWA Katsuyoshi

本州四国連絡橋公団設計部設計第三課長代理

表-1 大ブロック架設一覽表

橋名	大ブロック	重量 (t)	寸法 幅×高×長 (m)	設置高 (TP)	架設FC (t×ぶり)	部材支持	運搬	架設	備考
下津井瀬戸火橋	桁 2 パネル	830	30.0×13.0×34.8	36.5	1,600	2P塔 + 斜ベント	1,600t ぶり FC	61. 4.29	
	桁 2 パネル	830	30.0×13.0×34.8	38.3	1,600	3P塔 + 斜ベント	1,600t ぶり FC	61. 5. 2	つり添接
	桁 2 パネル	509	30.0×13.0×25.0	36.8	1,300	2パネル+ハンガーロープ	1,300t ぶり FC	61. 5.13	つり添接
	桁 2 パネル	509	30.0×13.0×25.0	38.4	1,300	2パネル+ハンガーロープ	1,300t ぶり FC	61. 5.17	つり添接
瀬石島高架橋トラス	桁 8 パネル	2,398	27.5×13.0×100.9	32.4	3,000	瀬石高架 30P+瀬石 1P	12,000t 積台船	60. 8.11	
瀬石島橋	2P塔下部	930	38.0×4.0×22.5	11.9	3,500	第1段ブロック	16,000t 積台船	60. 6.10	つり添接
	3P塔下部	1,070	38.0×4.0×26.5	12.0	3,500	第1段ブロック	12,000t 積台船	60. 6.14	つり添接
	桁 15 パネル	5,590	27.5×15.0×185.0	33.6	3,500+3,000	1P + 2P塔	16,000t 積台船	60. 7.10	
	桁 7 パネル	3,120	32.6×15.0×91.5	39.0	3,500	3P塔 + 斜ベント	16,000t 積台船	60. 8.13	
	桁 11 パネル	4,720	32.6×15.0×133.2	40.1	3,500+3,000	7パネル + 直ベント	16,000t 積台船	60. 9.20	つり添接
岩黒島橋	桁 4 パネル	1,300	27.5×15.0×49.3	34.8	3,000	15パネル + 斜ベント	16,000t 積台船	60.12.21	つり添接
	2P塔下部	1,150	38.0×4.0×31.6	11.8	3,500	第1段ブロック	3,500t ぶり FC	59. 5.21	つり添接
	3P塔下部	1,250	38.0×4.0×35.6	11.9	3,000	第1段ブロック	16,000t 積台船	59.11.15	つり添接
	桁 10 パネル	3,890	32.6×15.0×128.7	44.1	3,500+3,000	2P塔 + 直ベント	12,000t 積台船	59. 6.21	
	桁 6 パネル	2,510	27.5×15.0×79.5	48.3	3,000	3P塔 + 斜ベント	16,000t 積台船	59.12.15	
羽佐島高架橋	桁 12 パネル	4,820	27.5×15.0×145.3	51.5	3,500+3,000	6パネル + 斜ベント	16,000t 積台船	60. 7.23	つり添接
	桁 12 パネル	5,261	28.0×20.0×167.2	43.4	3,500+3,000	羽佐 1P + 与島 1P	16,000t 積台船	61. 6. 9	
与島橋	桁 8 パネル	2,540	28.0×18.2×97.2	46.0	3,500	岩黒 4P + 12パネル	16,000t 積台船	61. 6.16	つり添接
	桁 2 パネル	2,046	32.1×35.0×29.2	31.4	3,500	2P + 斜ベント	3,500t ぶり FC	60.11. 5	
南北瀬戸火橋	桁 2 パネル	1,935	32.0×37.0×29.4	31.5	3,500	3P + 斜ベント	12,000t 積台船	60.11. 9	
	4A ケーブルアンカーフレーム	1,750	18.8×32.2×32.7	34.1	3,000	受台	3,000t ぶり FC	58.6.29	4 基
	7A ケーブルアンカーフレーム	~1,850				受台		~7.9	
	桁 4 パネル	1,950	16.2×36.9×35.2	22.7	3,000	受台	3,000t ぶり FC	58.10.21	2 基
	桁 4 パネル	1,500	35.0×13.0×59.6	78.0	3,500	5P塔 + ハンガーロープ	3,500t ぶり FC	61. 8.12	
	桁 4 パネル	1,500	35.0×13.0×59.6	78.0	3,500	4パネル+ハンガーロープ	12,000t 積台船	61. 8.31	つり添接
瀬石島高架橋トラス	桁 4 パネル	1,500	35.0×13.0×59.6	69.0	3,000	6P塔 + ハンガーロープ	3,000t ぶり FC	61. 8.13	
	桁 4 パネル	1,500	35.0×13.0×59.6	69.0	3,000	4パネル+ハンガーロープ	3,000t ぶり FC	61. 9. 1	つり添接
瀬石島高架橋トラス	桁 7 パネル	2,658	27.5×28.5×105.0	53.4	3,500	1P + 先行桁	3,500t ぶり FC	61. 5. 2	つり添接
	桁 8 パネル	2,646	27.5×28.5×114.5	57.9	3,500	7A + 7パネル	3,500t ぶり FC	61. 7. 4	つり添接

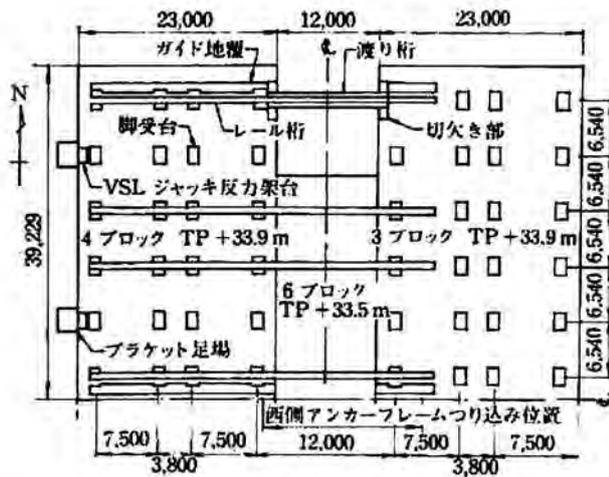


図-1 横引工仮設備

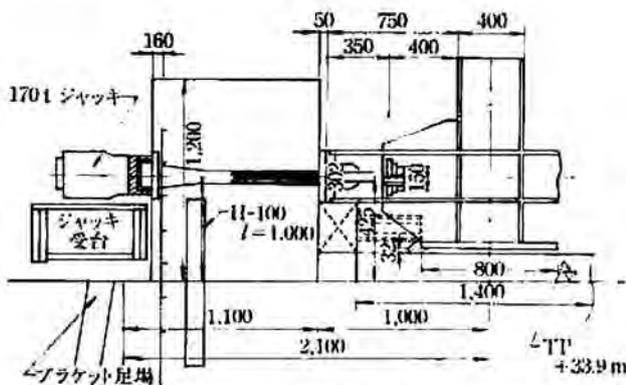


図-2 ジャッキ反力架台

横引き仮設備で約 20 m 横引きした。

レール桁上面は CAF のセット面高と一致させてあり、この上に CAF を仮置きする。滑りやすくするために CAF の脚下には滑り板を、レール桁上にはステンレス板を敷き、石けん溶液を塗付した。また横引き中のズレを防ぐため、CAF にはガイドプレートを取付けガイド地覆に沿わせた。

横引きには 170 t ジャッキと VSL ケーブル (φ 12.4 × 12) を使用した (図-2 参照)。

④ CAF の最終位置にはあらかじめ H 鋼製の受台を埋込んでおき、鋼板を介して脚柱を溶接固定した。

3. 塔下部大ブロック

塔の大ブロック架設は名港西大橋で採用された実績がある。本四連絡橋でも斜張橋の櫃石島橋・岩黒島橋は斜塔を有するため、その塔下部は大ブロック架設を行った。これにより従来工法で必要としたクリーンクレーンやタワークレーン本体および関連機械類の現場組立期間を一挙に省略でき、架設精度の向上と工費節減がはかれた。

ここでは岩黒島橋 3P の例を述べる。

架設重量は本体 1,203 t、付属物 47 t、仮設物 18 t、



写真-2 岩黒島橋 3P 塔下部の立起し

つり具 241 t の計 1,509 t であり、この重量物の立起し作業が必要となるため 3,000 t づり FC「武蔵」で架設した。

① 塔の運搬は呉から坂出基地まで台船で行い、基地において FC で立起しを行ったのち現場までつり運搬、架設を一挙に行った (写真-2 参照)。

② 立起し作業では FC のワイヤの許容振れ角が ±4° 以内であるため、ディスタンスビームを使ってこの条件をクリアしている (図-3 参照)。

③ つり状態では自重で塔柱が鉛直になるのが理想であるが、つり具重量のため約 1° 傾斜したまま塔柱第 1 段上に設置する必要があった。そのためガイド治具を双

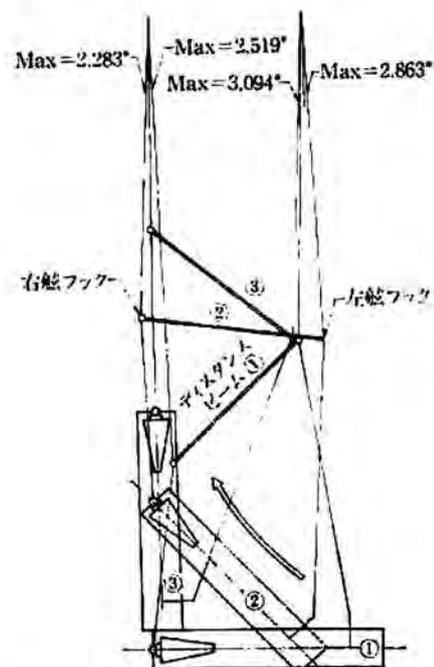


図-3 岩黒島橋 3P 塔下部の立起し軌跡

方の添接部に仮設し、仕口合せの誘導を円滑に行った。

④ 時間を要するつり天秤のピン抜き作業ではFCの補巻クレーンで天秤を塔側へ寄せてピンを抜いた。

4. 桁大ブロック

大ブロック架設が最も威力を発揮したのは桁工事である。従来は海中ベントや単材または面材架設に要した仮設備の殆んどを省略することができ、当然ながら品質と架設精度の向上にも大きく貢献した。桁の大ブロック架設にはさまざまなタイプがあり、代表的なものについて以下に述べる。

(1) 南北備讃瀬戸大橋塔付4パネル

(a) 採用理由

南北備讃瀬戸大橋では塔付近の桁を側径間、中央径間側を4パネルずつ計4回の大ブロック架設を行った。その理由は下記のとおりである。

① 本橋の桁は列車が走るため連続トラス形式としてゐる。従って中間支点となる塔付近では部材断面が大きく、部材重量も重くなっている。このため一般部の面材架設用重機を使用すると単材架設しかできず工程が遅延する。

② トラベラクレーン等の面材架設機材設置のための橋上スペースが一気に確保できる。

(b) 架設準備

FCの進入時に支障となるハンガーロープはキャットウォークより引上げてのれん分けしておき、FCの移動に合わせてハンガーロープも移動した。中央径間側のブロックの塔水平材側には桁荷重の仮受けおよびタワーリング連結作業時の位置の微調整を行うための仮受架台を設けた。

側径間ブロックをハンガーロープに仮定着の後、先行架設した中央径間ブロックとの添接作業の位置決めを行うために前者下弦材先端に仮受けピンを、後者にはピン受けを設けた。

(c) 架設要領

架設高さが中間支点上弦材上で5PはTP 91m、6PはTP 83mと高く、しかも主構間隔が30mあるため5P側は3,500tづりFC、6P側は3,000tづりFCを使用し、しかも前方の2フックのみを使用して架設した。中央径間ブロックは水平状態で所定位置までつり上げ後、FCのフック操作で桁こう配を約3.5%のハンガーこう配に合せたまま約1m過巻上げし、ハンガーに仮定着して



写真-3 南北備讃瀬戸大橋 5P 中央径間側塔付4パネルの架設

荷重を移した。

塔水平材側は仮受架台で荷重をとったのち、ジャッキで桁を縦引きし、タワーリング位置と桁位置を微調整しながらピンを挿入した(写真-3参照)。

側径間ブロックも同様の架設を行ってハンガーに仮定着したのち、先行架設した中央径間ブロック下弦材先端の仮ピン受部に先端をあずけ、FC操作で各部材の仕口を合せて高力ボルトによる添接作業を行った。

表-2 榎石島橋 11パネルの架設概要

つり重量 (t)	本体 4,720+ その他 670 =5,390
FC (t・マ)	第50吉田 武蔵 3,500 +3,000=6,500
輸送台船 (t・艘)	養洋 16,000
架設支点	3P 側先行7パネル(空中ジョイント) 4P 側中間ベント(仮番)



写真-4 下津井瀬戸大橋 2P 塔付2パネルの架設

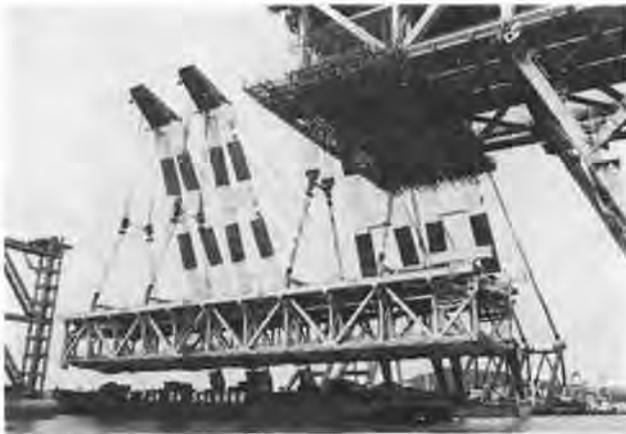


写真-5 榎石島橋 11 パネルの相づり架設

こうした一連の作業は約2週間ごとに連続 3~4 日しかない潮流 2kt 以下の小潮期を選んで行った。なお下津井瀬戸大橋では中央径間側の塔付 4 パネルを 2 パネルずつ計 4 回の大ブロック架設を行っており、FC の進入方向は橋軸方向としている (写真-4 参照)。

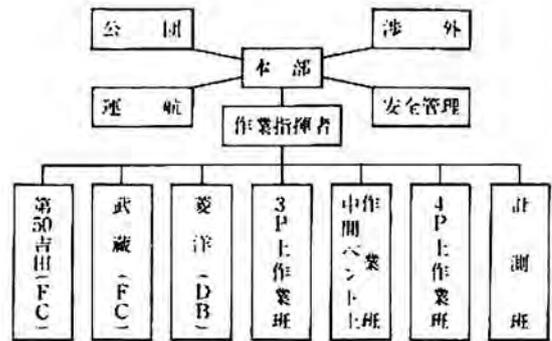


図-4 11 パネル架設作業組織

(2) 榎石島橋 11 パネル

(a) 概要

榎石島橋の 11 パネル桁は 3P 斜ベント上に先行架設された 7 パネル桁と空中ジョイントを行い、4P 側の中間ベント上に設置した (写真-5 参照)。相づり作業では FC 定格荷重に対する負荷率を 95% 以下としたが、この桁では 83% となっている。架設概要を表-2 に示す。

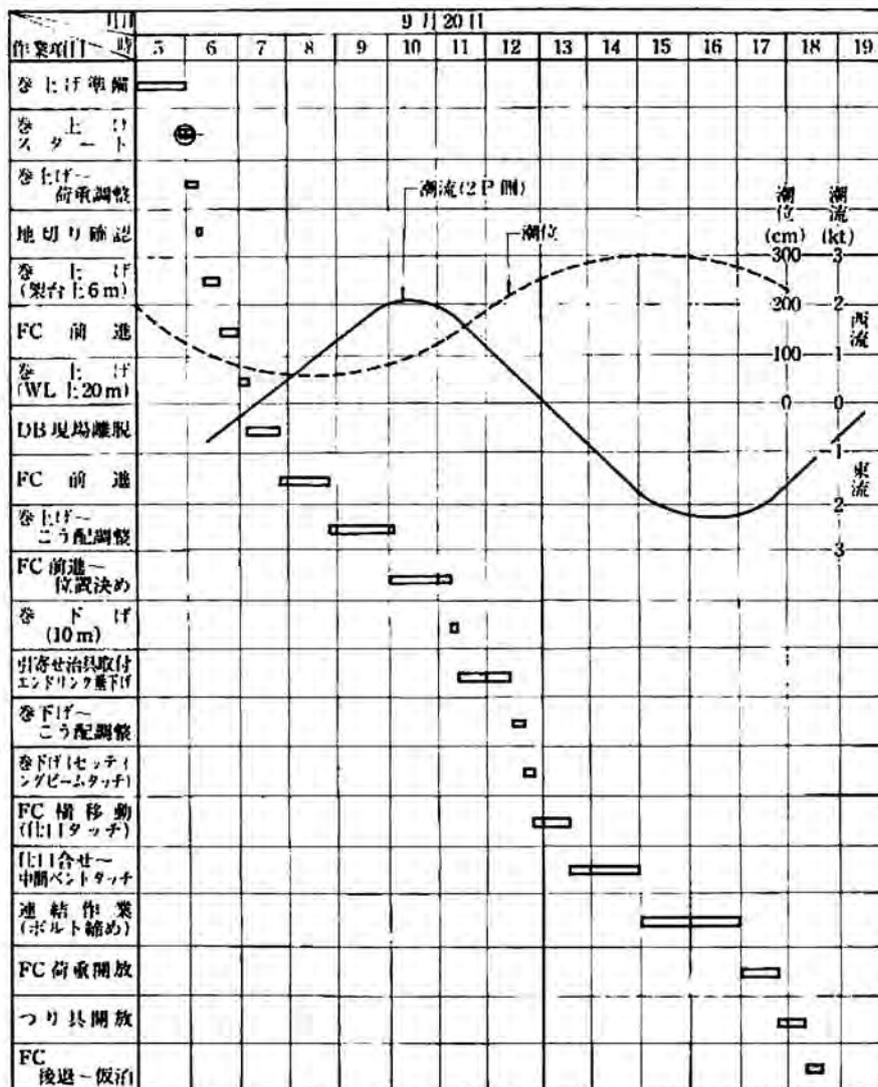


図-5 11 パネル架設タイムスケジュール (実績)

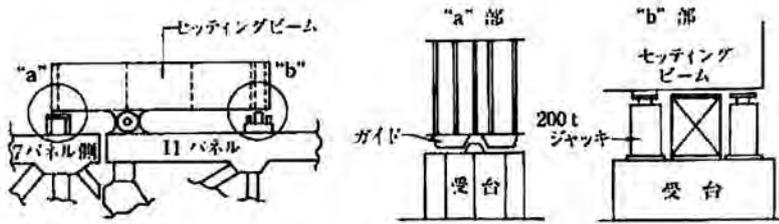


図-8 セッティングビーム調整要領

表-3 作業中止条件

項目	浜出し・架設	輸送
風速	12 m/sec 以上	12 m/sec 以上
波高	0.5 m 以上	0.75 m 以上
視程	1マイル以下	1マイル以下

(b) 架設準備

11 パネル桁架設の準備としてつぎの項目を実施した。

① 立体組は多度津の岸壁で行われたが、岸壁前面の水深が浅いため、浜出し時における第 50 吉田の船首きっ水 5.8 m に対して 1 m の余裕がとれる深さまで事前浚渫を行った。

② 作業船の保留・引寄せ作業のために鋼製およびコンクリート製のシンカーを海底に設置し、併せて 3P、4P 上に各々 5 個、4 個の係船柱を埋設した。

③ 占用作業海域外へ出る保留索は危険なため、シンカー位置に灯浮標をつけて所在を明らかにした。

④ 空中ジョイントの現場添接部では両ブロックの単管つり足場が接触して支障となることが多いため、十分に引っ込めておき、仕口合せが終わった時点で繋げるようにした。

⑤ 全部材の仕口合せを円滑に行うため、ガイドとしてセッティングビームを用いた。

⑥ 添接板の取付けは、ローラを使った引出し方法、ピンボルトを使った回転方法を採用した。

⑦ つり天秤のピンを円滑に抜くため、チェンブロックによりピンボルトプレート位置を微調整できるように工夫した。

⑧ 作業限界気象を表-3のように定め、作業当日には商業情報「オーシャンルーツ」の詳細なデータも入手して当日の作業可否を判断した。

⑨ 作業組織を図-4に示す。

大ブロック架設ではわずかの手違いが致命的な事故を招く恐れがあるため、指揮者のもとに一糸乱れぬ統率が必要である。このためにつぎの諸点に留意した。

- (i) 指揮命令系統の確立と全員への周知徹底
- (ii) 事前打合せによる全員への作業内容の周知徹底
- (iii) 指揮者への各部署の情報の迅速な伝達
- (iv) 各部署での勝手な判断と行動の禁止
- (v) トランシーバおよびマイクの機能維持
- (vi) 詳細確実な情報交換のための伝令の配備

(c) 架設領要

架設のタイムスケジュール実績を図-5に、作業内容を以下に示す。

① 架設は全フック荷重を管理値と照査しながら行い、つり上げ前進後、仕口間隔約 50 cm の位置で桁のこう配調整を行ってから巻下げた。

② 上弦材上のセッティングビームをガイドに沿わせて横シフトし、下弦材の連結ガイドのピンを挿入して桁の移動を抑えた。

③ 中間ベントにタッチ後、セッティングビームにより図-8に示す要領でジャッキを使って上弦材の仕口合せを行った。

④ 全部材の仕口合せ完了後、一斉に仮ボルトによる添接作業を行った。ボルト本数は総本数の約 30%、1,280 本であった。

⑤ 桁架設後、3P 塔の倒れと桁端の遊間を計測して設計値と大差ないことを確認した。

(3) その他

斜ベントは基礎のフーチング上に設置できるので工費が高く海水汚濁を引き起こす海中ベントを用いること



写真-6 与島橋 3P 側斜ベント上の 2 パネル架設



写真-7 香の州高架橋 7 パネルのつり運搬

なく FC 大ブロック 架設ができる。この結果、桁上作業の基地となるスペースが一挙に得られ、架設機材も FC での一括積載が可能となり、工事の合理化が図れる。この方法は下津井瀬戸大橋以外にも櫃石島橋、岩黒島橋、与島橋で採用されている（写真-6 参照）。

また、FC によるつり運搬は渡海電線ケーブル等の障害物がなければ、そのまま架設ができるため、通常部材での積込みと水切り作業が省略できる大きなメリットがある（写真-7 参照）。

5. あとがき

橋梁では桁閉合までの架設時構造系は不安定な状態であり、しかも閉合に近づくにつれて不安定度が増すのが一般的である。

台風や季節風の襲来および中小規模の地震が頻発する我が国では架設期間を極力短縮し、桁の閉合を早めることが結局、経済性および安全性にすぐれた結果をもたら

すことになる。この点において FC による大ブロック架設は有効な工法であり、架設精度もミリ単位が確保できる。また大部分の組立てが工場で行われるため精度が高く、経済性、作業安全性にもすぐれている。

しかし一方工場からの浜出し、海上運搬、現場架設のどの作業も海象・気象条件に大きく左右されており、本四連絡橋においても再三工事の中断・変更を余儀なくされている。大ブロック架設は船団および作業員編成の規模が大きいため、遅延による経済的損失が大きく、その架設時期の選定と作業の可否決定は慎重に行わなければならない。

最後に本文の作成にあたり御協力下さった方々にお礼を申し上げます。

<参考文献>

- 1) 金沢・佐藤：「櫃石島橋大ブロック架設」“本四技報” Vol. 11 No. 45 '88.1
- 2) 栗原・吉川：「南北備讃瀬戸大橋 4A・7A ケーブルアンカーフレームの一括架設」“本四技報” Vol. 8 No. 31 '84.10

21世紀に架ける瀬戸大橋



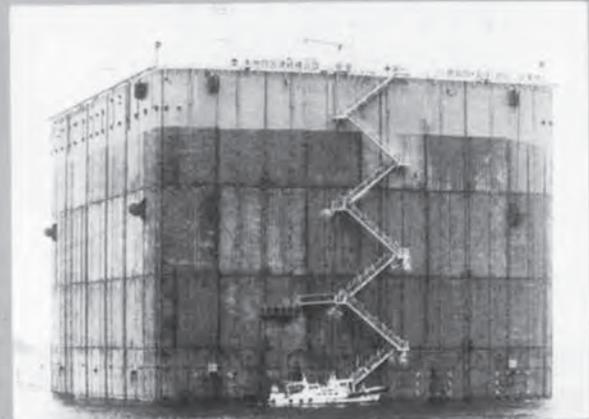
◆ルート全体（岡山側上空から香川側を望む）

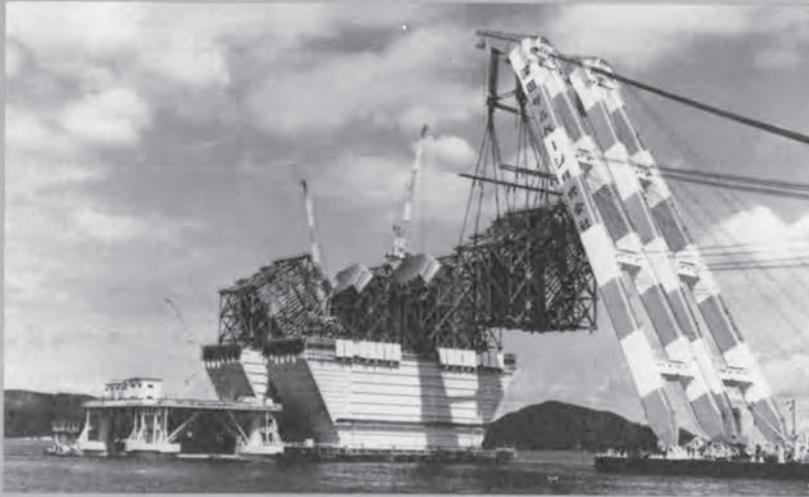
底面仕上げ用大口径掘削機の
ローラカッタ部◆



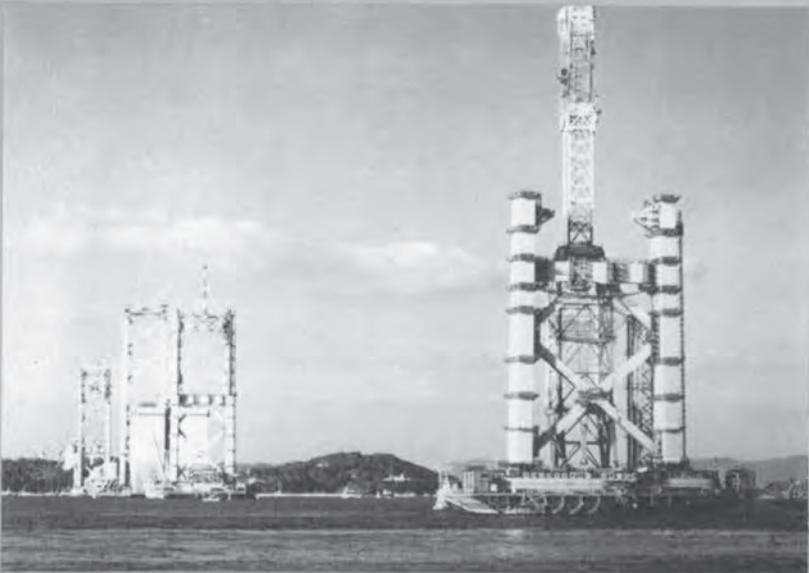
◆注入作業中のモルタルプラント船の船団

沈設位置に保留した鋼製ケーソン◆





◀南・北備讃瀬戸大橋共用アンカーレイジのケーブルアンカーフレームの据付



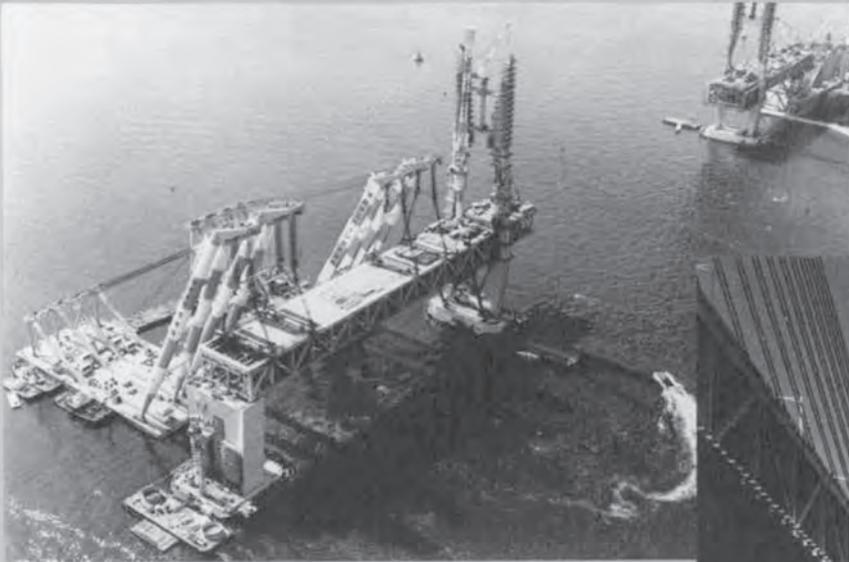
◀林立する主塔群



◀キャットウォーク上でのケーブルストランドの架設作業



補剛桁の架設作業▶



⇨ クレーン船相づりによる桁の大ブロック架設



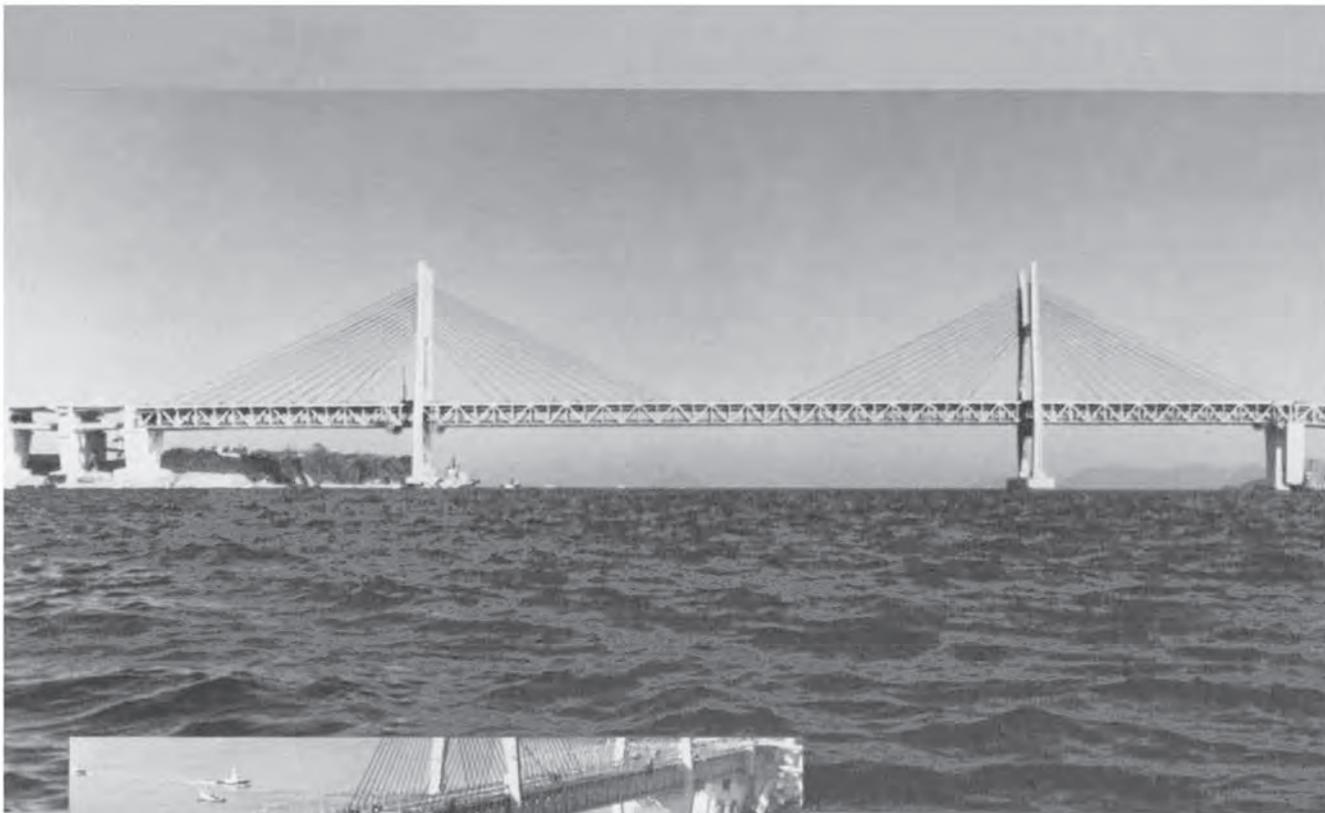
⇨ 櫃石島橋（斜張橋）



⇨ 鉄 道 階



⇨ 維持管理用照明を点灯した下津瀬戸大橋（つり橋）



◀ 岩黒島橋（斜張橋）

◀ 与島橋（曲弦トラス橋）



◀ 北備讃瀬戸大橋（左方）と南備讃瀬戸大橋



番の州高架橋方面を観る

行政情報

建設現場の見える化により更なる効率化を図る ICT 施工 Stage II の取組

阿久根 祐之

国土交通省では、建設生産システム全体の生産性向上を図り、魅力ある建設現場を実現させるために、「i-Construction」の取組を2016年度より推進しており、2024年4月には、建設現場の更なる省人化を図るべく、「i-Construction 2.0」の取組を開始した。本稿では、トップランナー施策の一つである「施工のオートメーション化」を進めるにあたり、建設現場における様々なリアルタイム施工データを活用することにより現場全体の作業の効率化につなげる ICT 施工 Stage II の取組について紹介する。

キーワード：i-Construction, ICT 施工, 建設現場の見える化, Stage II

1. はじめに

日本の総人口は、2008年をピークに年々減少しており、働き手の減少を上回る生産性の向上等が求められている。そこで、国土交通省では2016年度よりi-Constructionの取組を推進している。建設現場の生産性向上を図りつつ、建設業のイメージを払拭し、多様な人材を呼び込むことで担い手を確保するために、建設業を新3K（給与が良い、休暇がとれる、希望が持てる）の魅力ある職場に改善することを目指している。その取組の一つであるICT施工は、建設現場における調査・測量・設計・施工・検査等のあらゆる建設生産プロセスにおいてICTを活用することにより、施工の効率化を図り建設現場の生産性を向上する取組である。

そして2024年、国土交通省ではi-Constructionの取組を深化し、更なる抜本的な建設現場の省人化対策を「i-Construction 2.0」として「施工のオートメーシ

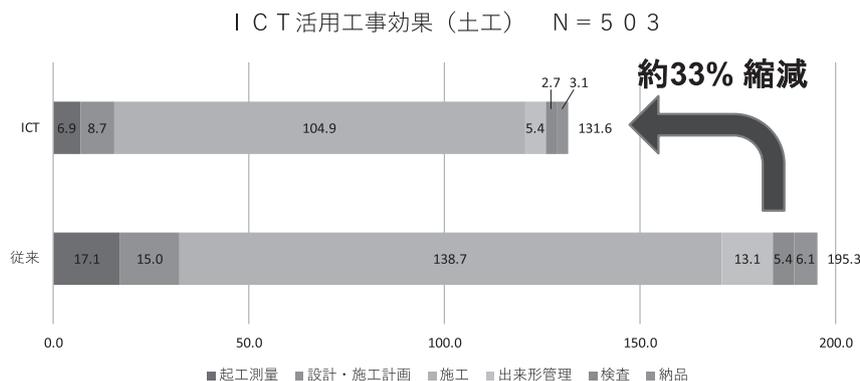
ン化」、「データ連携のオートメーション化」、「施工管理のオートメーション化」の3つのトップランナー施策に取り組むことで、建設現場のオートメーション化の実現を目指していくこととした。

本稿では、トップランナー施策の一つである「施工のオートメーション化」を進めるにあたり、これまでのICT施工の取組を次の段階に進めたICT施工 Stage II について紹介する。

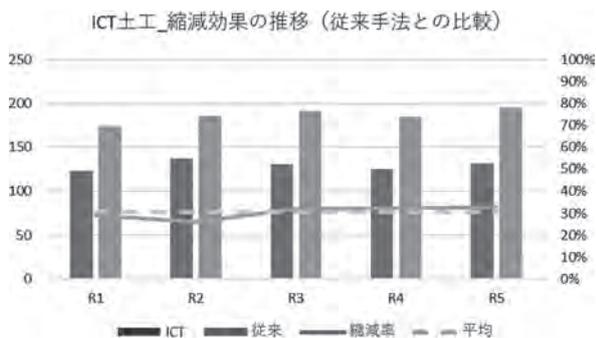
2. 取組の経緯

ICT施工の実施状況は年々増加しており、2023年度においては直轄工事において公告件数の約87%で実施している。都道府県・政令市においても公告件数・実施件数ともに着実に増加している結果が得られた。

また、ICT施工を実施したことによる効果として、延べ作業時間の縮減について調査を行った結果、起工測量から出来形管理に至るまでの一連のプロセスで土



図一 延べ作業時間縮減効果



図一 2 ICT 土工縮減効果の推移 (従来手法との比較)

工では約 3 割の縮減効果が見られた。しかし、近年この縮減効果は毎年約 3 割程度と横ばいであり、大きな割合を占める施工の部分においては起工測量など他の段階に比べ縮減効果が小さいという調査結果が得られた (図一 1, 2)。そのため、新たな取組により施工の更なる効率化を図るべく、IoT やデジタルツイン等を活用し、建設現場のリアルタイムな工程改善、作業と監督検査の効率化を図り、抜本的な生産性向上を実現することを目指していくこととした。

3. ICT 施工 Stage II の取組

ICT 施工 Stage II の取組は、「作業の効率化」から「施工現場全体の効率化」の取組を進めることである。例えば、建設機械の稼働データを基に、ボトルネックとなっている作業を把握し、施工計画を見直すことで全体の効率化を実現する。これまでの ICT 施工のように、作業を ICT に単に置き換えるだけでなく、工程全体の最適化へつなげていく取組となる。

なお、ICT 施工 Stage II の取組は、i-Construction 2.0

における建設現場のオートメーション化に向けたトップランナー施策「1. 施工のオートメーション化」の「施工データ集約・活用のための基盤整備」に該当しており、2024 年度は、施工データ活用による作業待ち防止や工程調整、最適な要員配置による効果検証のための試行工事を実施している。令和 6 年 12 月時点で 15 件の試行を実施している (表一 1)。

4. 試行工事の事例

北海道開発局が進めている長沼南幌道路事業における南長沼ランプの改良工事において、取り組んだ事例を紹介する。

本工事の事例では、CCPM 工程による複数現場の人員や資機材配置を統合管理することにより施工段取りの最適化を行うとともに、ダンプトラックの位置情報やネットワークカメラによる映像データを活用することによりボトルネックを把握し、該当箇所に仮設



図一 3 試行工事における取組事例

表一 1 令和 6 年度 ICT 施工 Stage II の試行工事一覧 (R6.12 時点)

整備局等	事務所	工事名
北海道	札幌開発建設部千歳川河川事務所	石狩川改修工事の内 柏木川右岸築堤盛土工事
	札幌開発建設部札幌道路事務所	石狩川改修工事の内 島松川右岸築堤盛土工事
東北	北上川下流河川事務所	道央圏連絡道路 長沼町 南長沼ランプ改良工事
		吉田川大規模災害関連事業 (河道掘削工事)
関東	常総国道事務所	R5 東関東清水地区改良工事
		R5 東関東清水石神地区改良工事
		R5 東関東築地地区改良工事
中国	岡山国道事務所	令和 5 年度玉島笠岡道路浜中地区中工区改良工事
		令和 5 年度玉島笠岡道路浜中地区西工区改良工事
		令和 5 年度玉島笠岡道路浜中地区東工区改良工事
	浜田河川国道事務所	令和 5 年度福光・浅利道路福光地区第 4 改良工事
	山陰西部国道事務所	令和 5 年度木与防災宇田地区第 6 改良工事
九州	福山河川国道事務所	令和 5 年度福山道路長和第 5 改良工事
	広島西部山系砂防事務所	令和 5 年度広島西部山系山本 9 号砂防堰堤外工事
九州	八代河川国道事務所	鹿児島 3 号出水北 IC13 工区改良工事



図-4 データ連携イメージ

ヤードを造成することでダンプトラックの滞留を改善している。また、建設機械、ダンプトラックの稼働状況をリアルタイムに把握し、週に1回ソフトウェアによるシミュレーションを実施、建設機械のバケット容量や資機材の配置を見直すことにより稼働率を上げ、日当たり施工量を増加させている(図-3)。その他にも、デジタルツインを活用した遠隔での段階確認・検査も実施している。

5. データ活用による現場マネジメントに関する実施要領(案)

ICT 施工 Stage II の取組を進めるにあたり、実施項目について例示したものを要領としてとりまとめている。本要領は、ICT 活用工事の普及が進んでいる土工事を基本とし、①施工段取りの最適化、②ボトルネック把握・改善、③進捗状況等把握による予実管理、④その他(注意喚起、教育等)の4つの項目に分類し、実施項目を例示している。本要領の項目は、今後工事現場での導入状況に応じて内容を見直していく予定である。

6. 施工データ集約・活用を円滑にするための取組

ICT 施工 Stage II の取組は、建設現場で得られるリアルタイムデータをいかに有効活用するかがポイントとなる。しかしながら、様々な施工データは各メーカーのシステム毎でクローズされている場合が多く、施工データ集約にコストや手間を要する状況である。これは、メーカー各社が競い合って技術開発を行っていることはもちろんであるが、発注者側においても必要な施工データが定まっていないことも一つの要因であ

る。そこで、試行工事の結果も踏まえ、発注者として必要なデータを明確にするためのスタディーグループを立ち上げ、施工データの連携を図る開発・実装を促進していくこととした(図-4)。令和7年度にかけて検討を実施し、結果はICT 導入協議会へ報告するとともに公表する予定である。

7. おわりに

ICT 施工 Stage II の取組は、ダンプトラックや建設機械の位置情報や稼働情報などを得るためのシステムを導入することが目的ではない。得られた施工データを用いてどこに無理、無駄があるかを把握し、人員、資機材などのリソースをいかに効率的に使うかが重要である。取組を進めていく上では、監督職員と受注者間、受注者と協力会社などの関係者との間で、円滑かつ持続的なコミュニケーションを図ることも重要であり、相互の課題に対して共感・協調し、協議を重ねることでより良い現場につながることも申し添えておきたい。

建設現場を見える化し、様々なリソースを有効に使うことで施工の効率化につなげ、適切な利益を享受する本取組は、施工者にとって多くのメリットがあることも理解していただく必要がある。そのためには、試行工事で得られた効果を検証し、情報発進を行っていくことも念頭におきつつ、本取組を進めてまいりたい。

JICMA

[筆者紹介]
 阿久根 祐之(あくね ゆうじ)
 国土交通省 大臣官房
 参事官(イノベーション)グループ 施工企画室
 課長補佐

行政情報

国土強靱化年次計画 2024

土屋 翔 希

近年、自然災害が頻発化・激甚化し、南海トラフ地震など大規模災害の切迫も懸念される中、国民の命や暮らしを守るため、政府は国土強靱化の取組を推進してきた。

国土強靱化の取組は、「国土強靱化基本計画」（令和5年7月28日閣議決定）に基づき計画的に実施されており、政府は毎年度取り組むべき主要施策等を「国土強靱化年次計画」としてとりまとめている。そこで本稿では、最新の国土強靱化年次計画 2024 から国土交通省の取組施策を中心に、その概要を紹介する。

キーワード：国土強靱化基本計画、国土強靱化年次計画、防災・減災、国土強靱化、5か年加速化対策、流域治水対策、土砂災害防止対策

1. はじめに

近年、自然災害が頻発化・激甚化しており、昨年も1月の能登半島地震や6月の豊後水道を震源とする地震、8月の台風第10号による大雨、暴風及び突風など、各地で大きな被害を伴う災害が発生している。こうした中、国土強靱化に関する取組は、「強くしなやかな国民生活の実現を図るための防災・減災等に資する国土強靱化基本法」（以下「基本法」）が施行されて以降、「国土強靱化基本計画」（以下「基本計画」）（平成26年6月策定、平成30年12月及び令和5年7月改定）を踏まえ、「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策」（以下「3か年緊急対策」）、「防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策」（以下「5か年加速化対策」）等に基づき、基本法前文に記載された「大規模自然災害等に強い国土及び地域を作るとともに、自らの生命及び生活を守ることができるよう地域住民の力を向上させる」ために、政府一丸となって推進してきた。

国土強靱化の取組は、中長期的かつ明確な見通しの下、継続的・安定的に進めていくことが重要である。令和5年6月に改正された基本法では、「基本計画に基づく施策の実施に関する中期的な計画」（以下「国土強靱化実施中期計画」）が法定化された。これにより、「国土強靱化実施中期計画」が切れ目なく策定されることとなり、現行の5か年加速化対策後も継続的・安定的に国土強靱化の取組を進めることが可能となっ

た。また、同年7月に改定された基本計画には、中長期的に取り組むべき課題や国土強靱化政策の今後の展開方向が記載され、国土強靱化の取組の更なる強化を図ることとしている。

この基本計画に基づき、国土強靱化の取組を効果的・効率的に展開するため、政府は毎年度取り組むべき主要施策等を「国土強靱化年次計画」としてとりまとめている。そこで本稿では、最新の国土強靱化年次計画 2024 から国土交通省の取組施策を中心に、その概要を紹介する。

2. 「国土強靱化年次計画 2024」の決定について

政府は、令和6年7月26日、国土強靱化推進本部にて国土強靱化年次計画 2024 を決定した。

年次計画は、当該年度に実施すべき主要な施策等を明示し、定量的な指標により施策の進捗状況を把握・管理するとともに、施策の推進や充実を図るためのPDCAサイクルを充実させることを目的に、毎年度策定されている。この年次計画に基づいて国土強靱化の施策が推進されているほか、地域計画の内容充実などの地域の強靱化の促進、官や民の適切な連携や民主導の取組の活性化等についても記載され、今年度の取組として推進するとしている。また、国土強靱化の推進に当たってはあらゆる関係者の取組が必要であり、理解・関心を高めていくべく、国土強靱化の広報・普

及啓発活動にも取り組むこととしている。

3. 各施策グループの推進方針等

基本計画において、国土強靱化に関する各府省庁の施策を、35のグループに分類してその推進方針等を記載している。このグループは、国土強靱化推進本部(令和5年2月)において決定した「脆弱性評価の指針」に基づき行われた脆弱性評価により設定されており、南海トラフ地震や首都直下地震等の発生可能性、大規模自然災害の被害の甚大さを踏まえて想定されたりス

クを評価し、「起きてはならない最悪の事態」を35に分けて想定したものである(表-1)。

そしてこの35のグループごとに、毎年度実施する施策の内容の明示や進捗状況の把握、効果検証等を行うための重要業績評価指標(KPI)をとりまとめているのが年次計画である。年次計画2024においても、起きてはならない最悪の事態ごと、推進方針が設定されており、以下に国土交通省に関連の深い推進方針と関連する主要施策を「最悪の事態」と併せていくつか抜粋してご紹介する。

表-1 起きてはならない最悪の事態

基本目標	事前に備えるべき目標	起きてはならない最悪の事態
I. 人命の保護が最大限図られる II. 国家及び社会の重要な機能が致命的な障害を受けず維持される III. 国民の財産及び公共施設に係る被害の最小化 IV. 迅速な復旧復興	1 あらゆる自然災害に対し、直接死を最大限防ぐ	1-1 大規模地震に伴う、住宅・建物・不特定多数が集まる施設等の複合的・大規模倒壊による多数の死傷者の発生
		1-2 地震に伴う密集市街地等の大規模火災の発生による多数の死傷者の発生
		1-3 広域にわたる大規模津波による多数の死傷者の発生
		1-4 突発的又は広域的な洪水・高潮に伴う長期的な市街地等の浸水による多数の死傷者の発生(ため池の損壊によるものや、防災インフラの損壊・機能不全等による洪水・高潮等に対する脆弱な防災能力の長期化に伴うものを含む)
		1-5 大規模な土砂災害(深層崩壊、土砂・洪水氾濫、天然ダムの決壊など)等による多数の死傷者の発生
		1-6 火山噴火や火山噴出物の流出等による多数の死者数の発生
		1-7 暴風雪や豪雪等に伴う多数の死傷者の発生
	2 救助・救急、医療活動が迅速に行われるとともに、被災者等の健康・避難生活環境を確実に確保することにより、関連死を最大限防ぐ	2-1 自衛隊、警察、消防、海保等の被災等による救助・救急活動等の絶対的不足
		2-2 医療施設及び関係者の絶対的不足・被災、支援ルートの途絶、エネルギー供給の途絶による医療機能の麻痺
		2-3 劣悪な避難生活環境、不十分な健康管理がもたらす、多数の被災者の健康・心理状態の悪化による死者の発生
		2-4 被災地での食料・飲料水・電力・燃料等、生命に関わる物資・エネルギー供給の停止
		2-5 想定を超える大量の帰宅困難者の発生による混乱
		2-6 多数かつ長期にわたる孤立地域等の同時発生
		2-7 大規模な自然災害と感染症との同時発生
	3 必要不可欠な行政機能を確保する	3-1 被災による司法機能、警察機能の大幅な低下による治安の悪化、社会の混乱
		3-2 首都圏での中央官庁機能の機能不全
		3-3 地方行政機関の職員・施設等の被災による機能の大幅な低下
	4 経済活動を機能不全に陥らせない	4-1 サプライチェーンの寸断・一極集中等による企業の生産力・経営執行力低下による国際競争力の低下
		4-2 コンテナ埠・高圧ガス施設等の重要な産業施設の火災、爆発に伴う有害物質等の大規模拡散・流出
		4-3 海上輸送の機能停止による海外貿易、複数空港の同時被災による国際航空輸送への甚大な影響
		4-4 金融サービス・郵便等の機能停止による国民生活・商取引等への甚大な影響
		4-5 食料等の安定供給の停滞に伴う、国民生活・社会経済活動への甚大な影響
		4-6 異常渇水等による用水供給途絶に伴う、生産活動への甚大な影響
		4-7 農地・森林や生態系等の被害に伴う国土の荒廃・多面的機能の低下
	5 情報通信サービス、電力等ライフライン、燃料供給関連施設、交通ネットワーク等の被害を最小限にとどめるとともに、早期に復旧させる	5-1 テレビ・ラジオ放送の中断や通信インフラの障害により、インターネット・SNSなど、災害時に活用する情報サービスが機能停止し、情報の収集・伝達ができず避難行動や救助・支援が遅れる事態
		5-2 電力供給ネットワーク(発電所、送配電設備)の長期間・大規模にわたる機能の停止
		5-3 都市ガス供給・石油・LPガス等の燃料供給施設等の長期間にわたる機能の停止
5-4 上下水道施設の長期間にわたる機能停止		
5-5 太平洋ベルト地帯の幹線道路や新幹線が分断するなど、基幹的陸上海上航空交通ネットワークの機能停止による物流・人流への甚大な影響		
6 社会・経済が迅速かつ従前より強靱な姿で復興できる条件を整備する	6-1 自然災害後の地域のより良い復興に向けた事前復興ビジョンや地域合意の欠如等により、復興が大幅に遅れ地域が衰退する事態	
	6-2 災害対応・復旧復興を支える人材等(専門家、コーディネーター、ボランティア、NPO、企業、労働者、地域に精通した技術者等)の不足等により復興できなくなる事態	
	6-3 大量に発生する災害廃棄物の処理の停滞により復興が大幅に遅れる事態	
	6-4 事業用地の確保、仮設住宅・仮店舗・仮事業所等の整備が進まず復興が大幅に遅れる事態	
	6-5 貴重な文化財や環境的資産の喪失、地域コミュニティの崩壊等による有形・無形の文化の衰退・損失	
	6-6 国際的風評被害や信用不安、生産力の回復遅れ、大量の失業・倒産等による国家経済等への甚大な影響	

(1) 大規模地震に伴う、住宅・建物・不特定多数が集まる施設等の複合的・大規模倒壊による多数の死傷者の発生

- 地震、強風、豪雪等の各種災害での部材落下等地域住民の生活環境に影響を及ぼす空き家の放置や老朽化を防ぐため、改正空家法（令和5年12月施行）に基づく管理不全空家等に係る制度の適確な執行や空家等管理活用支援法人制度の活用促進等の支援により、空き家の早期活用や適切な管理を促進する。（主要施策：空き家活用・管理の促進による空き家の放置や老朽化の予防）
- 大規模地震等における道路閉塞や長期停電、通信障害等のリスクを軽減するため、関係府省庁と連携した多様な事業手法や道路管理者による占用制限の活用等により、コスト縮減や事業のスピードアップを図りつつ、市街地の緊急輸送道路等における無電柱化を推進するとともに、災害時において迅速な救急救命活動や緊急支援物資の輸送等を支えるための道路ネットワークの機能強化対策を推進する。（主要施策：電柱倒壊リスクがある市街地等の緊急輸送道路の無電柱化対策）

(2) 医療施設及び関係者の絶対的不足・被災、支援ルートの途絶、エネルギー供給の途絶による医療機能の麻痺

- DMAT等や支援物資が災害拠点病院等に到達できるよう、代替性確保のための高規格道路等の整備及びアクセス向上、道路橋梁の耐震補強、道路の斜面崩落防止対策、盛土のり尻補強、無電柱化、環状交差点の活用、空港施設の耐震化、港湾施設の耐震・耐波性能の強化、洪水・土砂災害・津波・高潮対策等を進める。また、患者や医薬品等の搬送ルートの優先的な確保等取組を進める。（主要施策：道路ネットワークの機能強化対策）

(3) 首都圏等での中央官庁機能の機能不全

- 首都直下地震をはじめとした大規模自然災害による影響が長期にわたり継続する場合でも、中央官庁等の非常時優先業務の継続に支障を来すことのないように、自家発電設備や受変電設備の改修、プッシュ型支援に供するものを含む物資の備蓄、代替庁舎の機能整備、地方公共団体が備える防災拠点機能との連携等を推進する。（主要施策：災害応急対策活動に必要となる官庁施設の電力の確保等）
- 災害時の被害低減のため、地図情報について、地形分類情報や詳細な標高データ等の災害リスク情報の

整備に加え、空中写真や詳細な地図情報の事前整備を実施するほか、地図情報の最新性の確保に資する地図情報整備の効率化のための技術開発等を実施する。（主要施策：地図情報等の整備による被害低減対策）

(4) 海上輸送機能の停止による海外貿易、複数空港の同時被災による国際航空輸送への甚大な影響

- 港湾BCPの実効性を高めるため、関係機関と協働による港湾BCP訓練を継続的に実施し、PDCAサイクルを通じて更なる見直し・改善を図る。（主要施策：災害発生時における港湾を活用した物流・人流ネットワークの構築と復旧・復興体制の確保）
- 地震・台風・高潮等、想定される各種の自然災害が発生した場合でも、国際航空輸送機能に甚大な影響が及ばないように、滑走路等の耐震対策や浸水対策等のハード対策を進めるとともに、実効性強化のための空港BCP（A2（Advanced/Airport）-BCP）に基づく訓練の実施、及び火山灰や乱気流等に関する防災気象情報の活用促進や航空・空港関係者への解説強化、自動観測技術の開発等によるソフト対策を進める。（主要施策：空港BCPの実効性強化対策）

(5) 太平洋ベルト地帯の幹線道路や新幹線が分断するなど、基幹的陸上海上航空交通ネットワークの機能停止による物流・人流への甚大な影響

- 道路が被災し通行止め等が発生した場合でも、発災後おおむね1日以内に緊急車両の通行を確保し、おおむね1週間以内に一般車両の通行を確保できるよう、高規格道路のミッシングリンクの解消や暫定2車線区間の4車線化、高規格道路と代替機能を発揮する直轄国道とのダブルネットワークの強化、三大都市圏や地方都市の環状道路の整備等を推進し、災害に強い国土幹線道路ネットワークの機能確保を図る。また、災害時の迅速な救急救命活動や緊急支援物資の輸送等を支えるため、高度な技術を要する場合等に国が災害復旧に関する工事を代行できる制度を活用し、道路啓開や災害復旧の迅速化を図る。（主要施策：道路ネットワークの機能強化対策）
- 発災時に緊急物資や救援部隊等の海上輸送を速やかに実施し、港湾機能の早期復旧により社会経済活動への影響を最小化するため、衛星やドローン等の活用により港湾における被災状況等の災害関連情報の収集・集積の高度化を図るとともに、サイバーポートを通じた関係者間の共有体制を構築する。（主要

施策：港湾における災害情報収集等に関する対策)

(6) 自然災害後の地域のより良い復興に向けた事前復興ビジョンや地域合意の欠如等により、復興が大幅に遅れ地域が衰退する事態

○復興まちづくりのための事前準備に未着手の地方公共団体に対して取組着手を促進するとともに、優良な事例やガイドラインの周知等により、既に復興事前準備に取り組んでいる地方公共団体についても、事前復興まちづくり計画の策定等、各種取組内容が充実するよう支援する。また、こうした地方公共団体の取組については、地域の特性に応じた復興まちづくりを計画的に進めていくための取組となるよう留意する。(主要施策：復興事前準備の推進)

こうした推進方針は、毎年度の年次計画において施策の進捗状況、新たな大規模災害や社会情勢等を踏まえて見直しが行われている。

4. 5 年加速化対策の進捗管理

年次計画では、5 年加速化対策についても進捗管理を行っており、令和 6 年度当初予算時点での 5 年加速化対策の実施状況も詳細にまとめている。まず、5 年加速化対策の全体の規模については、5 年加速化対策全体でおおむね 15 兆円程度とされている事業規模のうち、令和 6 年度当初予算までに約 12.5 兆円が確保されている(表一 2)。これは、全体の 8 割超であり、順調に対策が進んでいることがわかる。また、対策ごとに重要業績評価指標(KPI)に基づく進捗状況が報告され、中長期の目標達成の見通しが示されている。123 対策(161 施策)のうち、97 施策が「目標達成の見込み」、56 施策が「課題対応次第で達成可能」であり、全体の 9 割以上の対策について達成見込み・達成可能となっている(表一 3)。一方、「達成困難」である 8 施策については、直面している主な課題として、「老朽化の進行に伴う追加対応箇所への対応」「昨今の資材価格や人件費の高騰に伴うコスト増大・工期延伸への対応」等が挙げられている。

表一 2 5 年加速化対策の進捗状況

区分	事業規模の目途 ＜閣議決定時＞	事業規模 ＜令和 6 年度時点＞	うち国費 ＜令和 6 年度時点＞
防災・減災、国土強靱化のための 5 年加速化対策	おおむね 15 兆円程度	約 12.5 兆円	約 6.2 兆円
1 激甚化する風水害や切迫する大規模地震等への対策	おおむね 12.3 兆円程度	約 10.2 兆円	約 4.8 兆円
2 予防保全型インフラメンテナンスへの転換に向けた老朽化対策	おおむね 2.7 兆円程度	約 2.1 兆円	約 1.2 兆円
3 国土強靱化に関する施策を効率的に進めるためのデジタル化等の推進	おおむね 0.2 兆円程度	約 0.2 兆円	約 0.2 兆円

※ 5 年加速化対策全体のおおむね 15 兆円程度の事業規模のうち、国費はおおむね 7 兆円台半ば

※ 四捨五入の関係で合計が合わない場合がある

※ 府省庁別の支出済額等(令和 4 年度決算完了時点)は別途集計作業を行っており、令和 6 年 7 月を目途に公表予定

表一 3 5 年加速化対策の目標達成の見通し

対策	達成の見通し	達成見込み		課題対応次第で 達成可能	達成困難	
		達成済	今後	継続	目標再設定(済)	目標再設定(未)
防災・減災、国土強靱化のための 5 年加速化対策		19 施策	78 施策	56 施策	4 施策	4 施策
1 激甚化する風水害や切迫する大規模地震等への対策		7 施策	53 施策	48 施策	3 施策	3 施策
2 予防保全型インフラメンテナンスへの転換に向けた老朽化対策		5 施策	13 施策	4 施策	0 施策	1 施策
3 国土強靱化に関する施策を効率的に進めるためのデジタル化等の推進		7 施策	12 施策	4 施策	1 施策	0 施策

さらに、年次計画 2024 では、「新たな国土強靱化基本計画に基づく国土強靱化施策の推進及び実施中期計画の策定に向けた国土強靱化施策の実施状況の評価の在り方について」(令和6年1月)に基づき作成された、5か年加速化対策施策別評価シートが掲載されている。この評価シートは、国土強靱化実施中期計画は5か年加速化対策の評価を実施した上で策定する必要があるとされていることを踏まえ、単に5か年加速化対策の施策の進捗状況を報告するだけでなく、施策ごとに、概要や予算の措置状況、KPIの進捗状況が記載されているほか、地域条件等を踏まえた対策の優先度の考え方、整備による全国的な効果、目標達成や対策継続に向けた今後の課題等についてもとりまとめられている。

例えば、対策番号【1-1】流域治水対策では、河道掘削やダム等の事前放流等の対策により、全国各地で浸水被害が防止、または大きく軽減された効果が表れている。個別事例では大和川水系大和川中流の藤井地点

周辺において、平成 29 年 10 月の大雨時には 258 戸の浸水があったところ、令和 5 年 6 月に同等の雨量の観測時でも、43 戸の浸水にとどまり、大幅に被害が軽減されている(図-1)。一方、今後の課題としては、気候変動の影響による洪水発生頻度が増加していること等を踏まえ、気候変動下においても目標とする治水安全度を達成するため、ハード・ソフト一体となった事前防災対策を加速化する必要がある(図-2)。

また、対策番号【52】道路の法面・盛土の土砂災害防止対策では、豪雨による土砂災害等の防止により、通行止め件数が減少傾向にある。例えば、平成 25 年 8 月の豪雨で7箇所が被災し、約3日間通行止めとなった国道 46 号(岩手県雫石町)では、被災後に新たに確認された崩壊の危険性がある箇所に対して5か年加速化対策として法面对策を実施した結果、令和 4 年 8 月の大雨の際、平成 25 年被災時以上の累加降水量にも関わらず被害はなく、通行止めは発生しなかった(図-3)。対策の見直し状況としては、緊急輸送道路の法面・

【直接効果】大和川水系大和川(奈良県)

＜取組状況＞

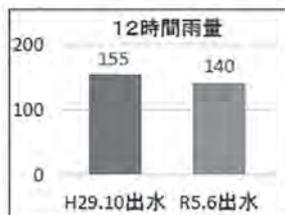
大和川水系では、河道掘削・遊水地等の河川整備に加え、貯留施設整備やため池の治水活用等の流出抑制対策など、流域治水の取組を実施。

大和川の河川整備の状況



＜災害外力に関するデータ＞

- 過去に溢水、内水による大きな浸水被害が発生した平成29年10月の大雨時と同等の流域平均雨量を観測。



＜効果発現に関するデータ＞

- 大和川中流の藤井地点周辺(河口から27.0km地点)において、約0.3mの水位低下効果が発現。令和5年6月の大雨では、これまでの治水対策により浸水戸数が大幅に軽減した。

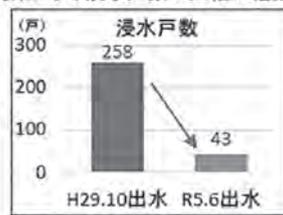


図-1 『【1-1】流域治水対策』の効果事例の概要

- 気候変動の影響により、洪水発生頻度が増加。
- 令和5年度も全国各地で自然災害による甚大な被害が発生。
- 河川の増水により、市街地の排水機能が十分に発揮されないことによる内水被害も全国各地で発生。

- 気候変動下においても目標とする治水安全度を現行の計画と同じ完了時期までに達成するため、あらゆる関係者が協働して取り組む「流域治水」等の考え方にに基づき、ハード・ソフト一体となった事前防災対策を加速化する必要がある。

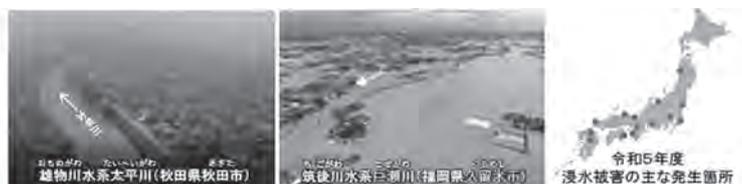


図-2 『【1-1】流域治水対策』の今後の課題

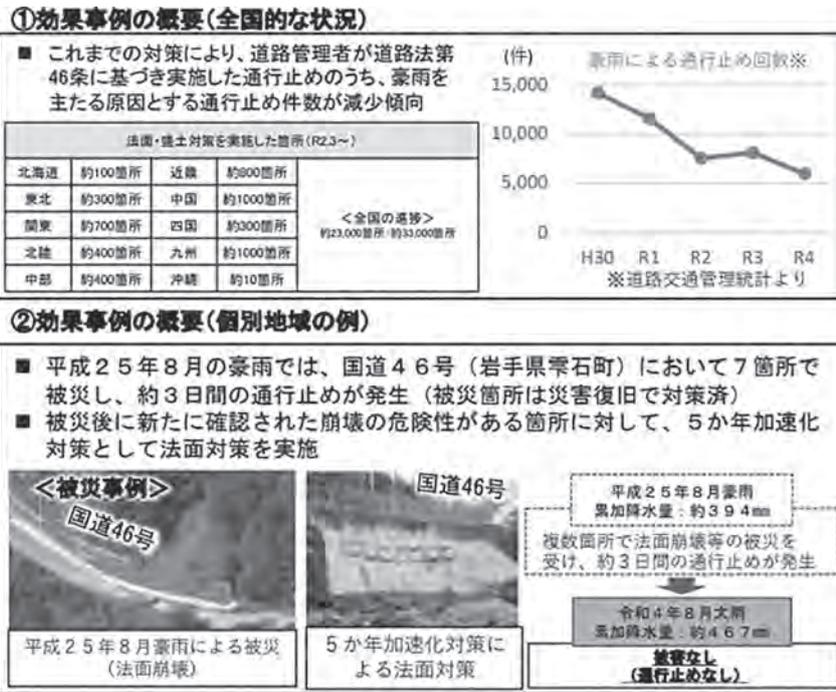


図-3 『[52] 道路の法面・盛土の土砂災害防止対策』の整備効果事例

盛土における対策必要箇所(約33,000箇所)の整備率を令和36年度までに100%とすることを目標に対策を推進するとしているが、令和6年能登半島地震を踏まえた盛土点検等により新たな要対策箇所を把握し、その状況を踏まえたKPI・目標の見直しが必要である。

国土交通省では、こうした5か年加速化対策の全123対策のうち、54の対策を実施しているところである。

5. 今後の課題認識

国土強靱化の取組や5か年加速化対策により、全国各地で着実に効果を発揮しているが、令和6年能登半島地震などの経験も踏まえ、年次計画では次のような点を今後の課題として挙げ、早期の効果発現に向けた取組を進める必要があるとしている。

- 気候変動を背景に激甚化・頻発化する豪雨災害への備えの強化
- 切迫性が高まる首都直下地震や南海トラフ巨大地震対策の推進
- 加速度的に進行するインフラ老朽化への対応
- 人口減少、少子高齢化が進む地方における効率的かつ効果的な対策の推進
- 人材確保への対応と革新的技術の活用等

6. おわりに

本稿では国土強靱化年次計画2024について、国土交通省の取り組みにも触れながらご紹介した。自然災害は年々深刻化しており、大規模地震の切迫も懸念されている。いかに災害から人命を守り、社会経済活動への影響を抑制することができるかは我々の重要な使命である。

国土強靱化の取組は、切れ目なく、継続的・安定的に進めていくことが重要である。令和7年度に最終年度を迎える現行の5か年加速化対策の次の『国土強靱化実施中期計画』について、現在早期の策定を目指している。今後とも関係機関と連携し、取り組みを進めてまいりたい。

JICMA

[筆者紹介]

土屋 翔希(つちや しょうき)
国土交通省 国土政策局 総合計画課
主査



場所打ち杭・地中連続壁の掘削形状の3次元可視化技術 3次元計測技術「T-Pile 3D Monitor」の開発

重光 達・平山 哲也

場所打ち杭や地中連続壁工事では、掘削した孔壁の形状を正確に把握することが、掘削精度の確保や孔壁崩壊の有無の管理に大変重要である。通常使用されている超音波側壁測定装置では、一度の測定で2断面4方向しかわからないため、正確に掘削孔の形状を把握するためには何度も測定する必要がある。それを解決するために、超音波センサーを回転させて掘削孔の形状を3次的に測定し可視化する装置を開発した。これにより、場所打ち杭の掘削精度や孔壁状況が正確に確認できるとともに、コンクリート打設量を正確に把握して残コン（廃棄物）やCO₂排出量の削減にも寄与することができる。

キーワード：基礎、場所打ち杭、超音波側壁測定装置、掘削精度、CO₂排出量削減

1. はじめに

場所打ち杭や地中連続壁（以下、杭・連壁）の構築工事では、掘削形状を正確に把握することが、施工の品質確保の観点から大変重要であり、主に杭径、鉛直精度、掘削時の孔壁の状態（大きな崩壊の有無）を確認するために、通常は全数で孔壁測定を実施する。特に近年では、杭支持力の向上を目的として先端部の形状を拡大する「拡底杭」も多く採用されており、杭・連壁の掘削形状の把握がますます重要になっている。

また、杭・連壁の掘削形状は掘削機の軌跡よりも大きいため、実際に打設するコンクリート量は設計よりも多くなるが、その量を正確に求めるための掘削形状の把握が難しいため余裕を持った手配を行った結果、打設時にコンクリートが余る場合も少なくない。

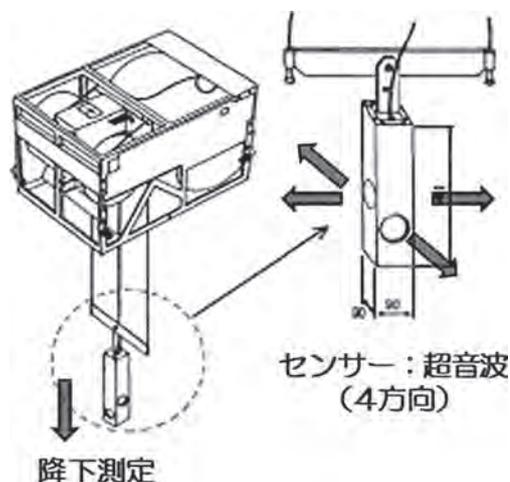
このように、多様な杭・連壁の増加、掘削形状の複雑化という環境の中で、杭の掘削形状を正確に把握することやコンクリート打設時の残コンを削減しCO₂排出量削減を実現することが、一段と重要になっている。

そこで当社は、通常の孔壁測定で使用する超音波側壁測定装置のセンサーを孔壁の円周方向に回転させて測定をし、取得した計測データをリアルタイムに可視化することで、杭・連壁の3次的な掘削形状を正確に把握することができる計測技術「T-Pile 3D Monitor」（以下、本装置）を開発した。

以下に、本装置の概要と特徴について、実際の場所打ち杭の施工での計測事例とともに報告する。

2. 従来方法の課題

杭・連壁のうち、泥水で孔壁安定を図るリバースサーキュレーション工法、アースドリル工法および地中連続壁工法は、掘削孔の傾斜や掘削形状の測定に、通常は超音波側壁測定装置を用いる（図—1）。一般的なこの装置は、超音波センサーが直行する4方向に設置されており、それを掘削孔内に降下させながら孔壁形状を測定するため、1回の測定では鉛直2断面4方向の測定しかできない。1回目で測定した断面以外の方向に杭が傾斜していたり、孔壁崩壊が発生している場合は、その孔壁の3次的な形状を正確に測定するためには、何度も角度を変えて杭孔に挿入して測定する必要があり、多くの労力と時間を要していた（図—2）。



図—1 超音波側壁測定装置

また、掘削した孔壁の形状は掘削機の軌跡よりも大きな形状となるのが一般的であるが、通常の超音波測定機により測定された形状は記録紙で出力され、グラフから掘削形状を読み取らなければならないために、正確な数値（掘削孔の大きさ）を求めることができない（図-3）。

さらに、この孔壁形状の測定記録で立体的な掘削体積（コンクリート打設量）を推定しなければならないため、通常は、設計量の数%割増しでコンクリートを余分に手配する。打設コンクリート量を正確に把握することが重要であるものの、精度が良くない推定値で計画するため、結果的に打設終了後に残コンクリートが生じることとなり、その廃棄物の削減とコンクリート製造時のCO₂削減も大きな課題の一つである。

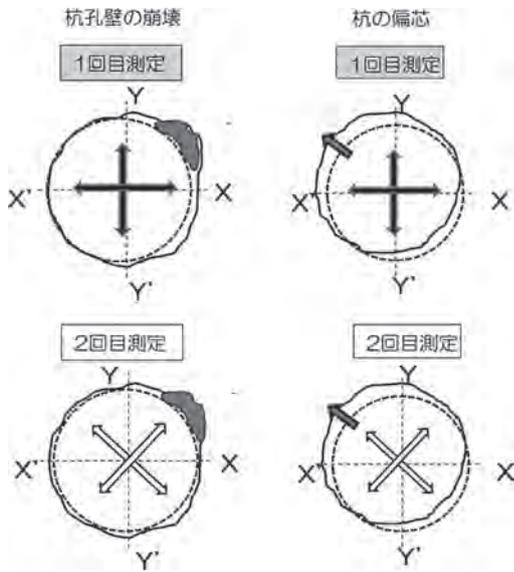


図-2 杭の掘削形状と測定状況

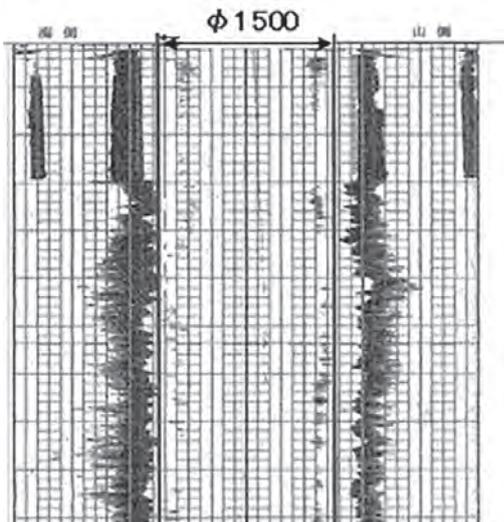


図-3 孔壁測定記録用紙（例）

3. 本装置の概要と特徴

本装置は、一般的な超音波側壁測定装置に回転駆動装置および降下制御装置を取り付け、それぞれに自動制御機能を持たせたものであり、測定時には平面方向と鉛直方向の測定ピッチを入力して測定を開始する。平面方向に超音波センサー（4方向）が90°回転しながら、設定したピッチで順次測定して360°全周の孔壁位置が測定できる（図-4）。設定した鉛直方向の測定ピッチで超音波センサーを自動降下させながら測定することで、掘削孔壁の3次元的な形状が測定できる。測定データは、平面と断面の掘削形状を現場に設置したノートパソコンにリアルタイムに表示させ、杭の精度や孔壁状況などがすぐに把握できる。また、測定完了時には3D化した孔壁形状を表示し、出力して、地盤中の杭・連壁の掘削形状をわかりやすく見える化することができる（図-5）。本装置の特徴を以下に示す。

(1) 複雑な掘削形状の正確な把握

杭・連壁の構築では、杭径や鉛直精度などの出来形確認が重要であるが、孔壁の状態は目視確認できないので、孔壁測定が唯一の検証作業となる。また、地盤の性状によっては掘削形状の保持（杭形状の保持）が難しく孔壁崩壊の発生が懸念される。孔壁崩壊が生じた場合には、所定の出来形および強度を有する杭の構

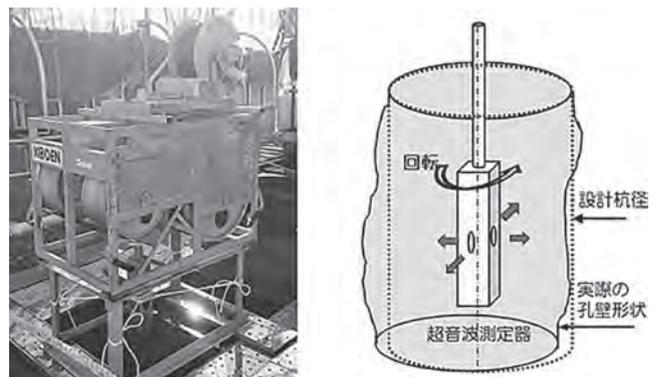


図-4 本装置の概要

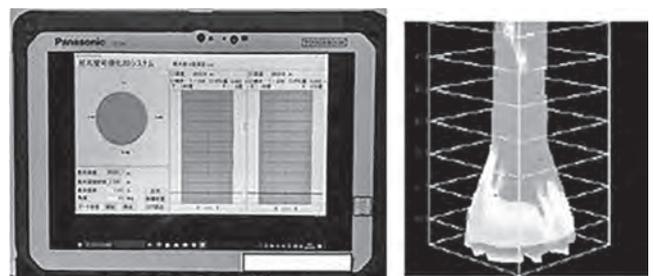


図-5 モニタリング画面と3次元形状表示例

築ができないばかりではなく、隣接杭や近接構造物に変状等が生じる場合もある。また、「拡底杭」ではその拡底部分の孔壁の角度と径が重要であり、大きな支持力を設計どおりに発揮できるように、拡底部の形状を正確に把握することが重要である。

本装置では、孔壁の平面形状から杭の傾斜方向がわかるため、その方向の鉛直断面の孔壁状況を表示することにより杭の正確な出来形確認が可能となる。また、拡底杭などの複雑な形状でも正確な形状を把握することができる(図-6)。地盤の性状を完全に把握することは難しく、試験施工を含めた施工時の孔壁形状を、本装置を使用して正確に把握することが、杭の品質向上と孔壁崩壊防止のためにも重要である。

(2) 残コンクリート量および CO₂ 排出量の削減

杭・連壁のコンクリート打設では、コンクリート打設量とコンクリート打ち上がり高さ、トレミー管を引き抜くタイミングを施工計画書に記載する。通常は、コンクリート量は設計径から計算されるが、実際に掘削された孔壁形状は設計径よりも大きくなるため、必

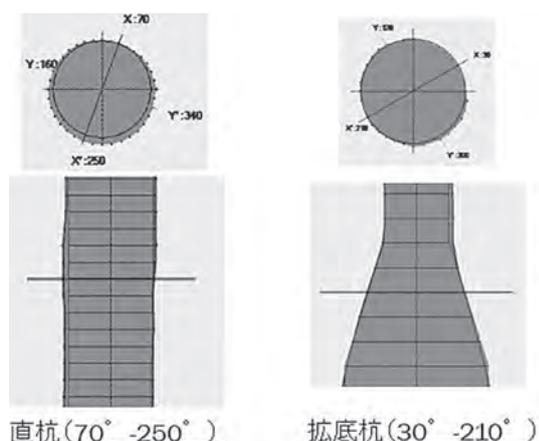


図-6 測定結果出力(例)

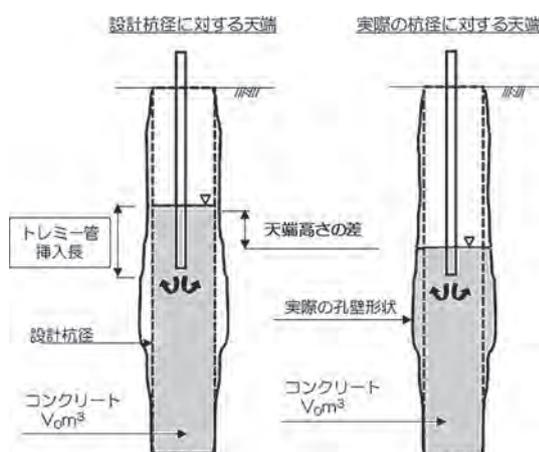


図-7 設計と実際のコンクリート天端高さの相違

要なコンクリート量は設計値よりも多くなる。また、打ち込んだ量に対するコンクリートの天端高さは低くなり、計画と実際がずれることが多い(図-7)。

これに対して本装置による測定では、各深度毎の平面形状データから、各断面の面積を算出して深度方向に積分することで実際に掘削された体積が算出され、必要なコンクリート打設量および打設量に対するコンクリート天端高さがわかる。したがって、コンクリート量を設定する際に従来のような「設計量の数%割増し」という不確実な数値から、実測値による確実性の高い数値を使用することができる。これにより、残コンクリートの削減やコンクリート製造運搬時の CO₂ 排出量削減に貢献できる。

(3) 施工時間の短縮が実現

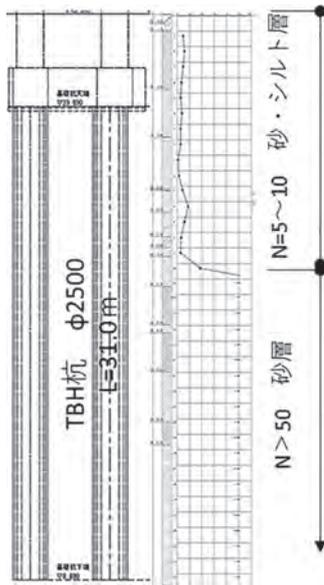
本装置を使用した場合の測定時間は、各深度でセンサーを回転して測定するため、従来方法の1回の測定時間よりも長い。しかし、前述のように、従来の装置で何度も測定する場合には本装置の方が短時間となる。試算によると、長さ約40mの杭では従来方法で2回測定すると約70分かかるのに対して、本装置の使用では約50分と短くなり、この短縮効果は従来方法での測定回数が増えるほど大きくなる。このように、掘削形状の計測時間の削減が可能となり、杭・連壁工事の施工の効率化を図ることができる。

4. 試験杭での計測による効果確認

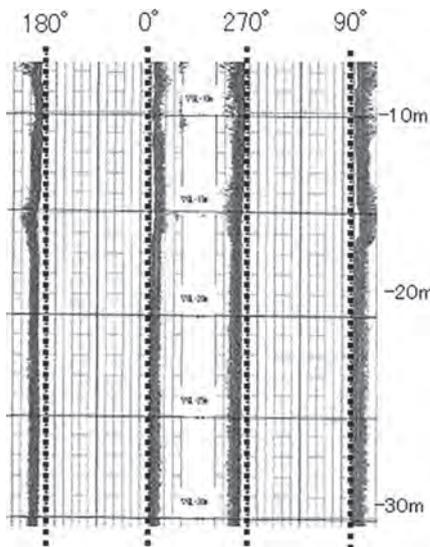
測定は鉄道連続立体化工事の橋脚の場所打ち杭(TBH 杭φ2,500 mm, 杭長31.0 m)で行った。土質はGL-15 m程度までがN=5~10の砂,シルト層, GL-15 m以深がN≥50の良く締まった砂層である(図-8)。本装置による測定は、平面方向を10°ピッチ(36点),鉛直方向を50 cmピッチで行った。この設定ピッチは、φ2,500の杭孔壁円周方向に対しては約22 cm間隔,深度方向には50 cm間隔でデータ取得できしており、杭の掘削孔全体の孔壁形状の把握には十分な量のデータであると考えられる。

(1) 掘削形状の測定結果

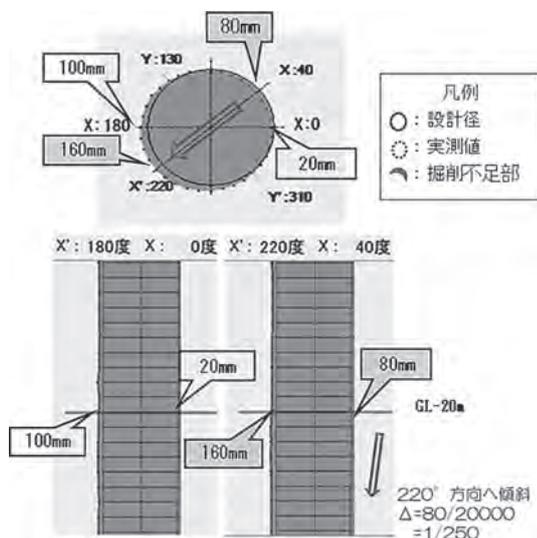
今回測定した杭の測定データの一例を図-9, 10に示す。図-9は従来の超音波測定機による出力結果であり記録紙に印字されたものである。杭の設計径と比較すると、杭径は設計値(φ2,500 mm)より大きくなっており規格値を満足しているが、孔壁形状は180°と270°で100 mm程度大きくなっている。この



図一8 試験杭の概要



図一9 試験杭での従来の測定記録



図一10 試験杭での本装置の測定記録

ことから、杭は180°～270°の間の方向へ杭が傾斜していることが考えられるが、正確にどの方向に傾斜しているかについては不明である。

これに対して、図一10が本装置の出力画面である。平面図はGL-20mの位置のデータを掲載しているが、従来装置では測定していない方向の、220°で180mm大きくなっており、40°方向には80mm小さくなっている。杭径は設計径以上を確保できているが、杭の偏芯方向が220°方向に生じていることがわかる。また、鉛直断面(0°～180°)と(40°～220°)の2断面のデータからも、平面図と同様に杭が220°方向に傾斜していることがわかる。従来の測定では、1回目の測定断面と異なる方向に杭が傾斜していた場合には、何度もセンサーの方向を変えて測定しなければならないため、1回の測定で傾斜方向が把握できたことで本装置の有効性が確認されたといえる。

杭の精度は、杭の掘削孔の設計位置に対するズレであり、今回のように全断面で杭径が設計径よりも大きくなっている場合は、孔壁が設計位置よりも小さくなっている部分で杭傾斜を算出する。この試験杭でのGL-20m位置で孔壁が設計値よりも小さい場所の最大値は、40°方向で-80mmであり、掘削の鉛直精度は、 $\Delta = 80/20,000 = 1/250$ で、鉛直精度の規格値(1/50)を満足することは確認された。

また、今回の杭では孔壁の大きな崩壊などは見られなかったが、これに関しても、本装置を使用することにより、1回の測定で孔壁状況を全周、全長にわたって確認することができた。

(2) 正確なコンクリート量の算出と残コンの削減

今回の試験杭でのコンクリート打設量と天端高さの関係を図一11に示す。図中の破線が設計径(φ2,500)に対するコンクリート打設量と天端高さであり、実線が本装置の測定データから算出した掘削形状に対するものである。実測体積は設計値よりも大きいため、同じコンクリート打設量に対する天端高さは低くなっている。コンクリート打設時の実測値は図中の点で示されているが、本装置の測定データから作成した曲線とほとんど同じであり、本装置による測定結果が的確に掘削体積を把握できることがわかる。

コンクリート打設量は、設計杭径に対する設計値(158 m³)に対して、本装置の測定値から計算した量は167.5 m³であり、約9.5 m³多かった。仮に、コンクリートを設計量の10%増して注文した場合、その割り増し数量は15.8 m³となりV=15.8-9.5=6.3 m³程度(設計量の約4%)が余ることになり、本装置に

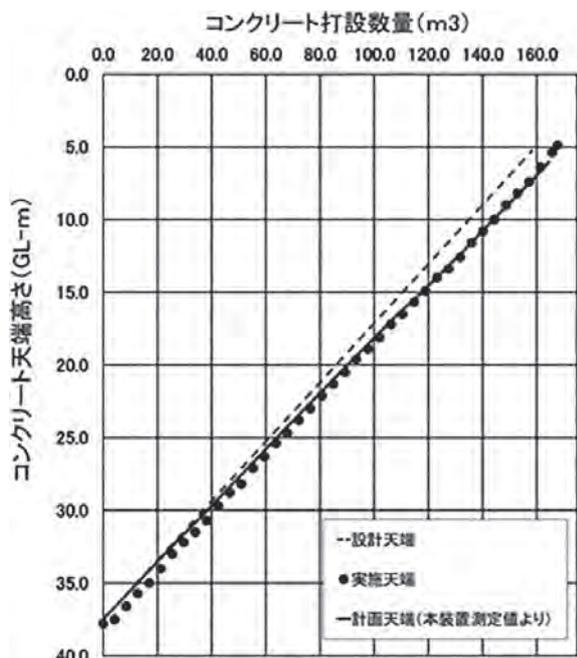


図-11 試験杭でのコンクリート打設量と天端高さ

よる測定の効果を確認された。

このように、本装置の測定データが、場所打ち杭のコンクリート量の正確な算出や、打設計画・打設管理に有効に使用できるとともに、残コンの削減による廃棄物削減やCO₂排出量の削減に寄与することが確認された。

(3) 孔壁測定時間の短縮

今回の本装置での測定の所要時間を従来の測定と比較した結果を表-1に示す。前述のように、今回の杭が220°方向へ傾斜していることを考えると、従来方法では2回以上の測定が必要となる。仮に、2回目で正しい傾斜方向を確認できたとする、1回の測定が約32分程度であるため、据替の時間も含めて約70分の時間を要する。これに対して、本装置では実際の所要時間は50分であり、従来方法で2回測定する時間よりも短い時間で実施できる。杭の正確な出来形確認や大きな孔壁崩壊の有無を明確にするためには、従来方法では何度も計測する必要があったが、本装置の適用により地盤掘削形状を短時間で正確に把握できる

表-1 試験杭での測定時間の比較

	従来測定 (2回)	本装置での測定	
		計画	実測
測定時間	64分 (32分/回)	48分	50分
据替時間	5分	-	-
合計	69分	48分	50分

ため、掘削・計測工程の効率化が可能となり、施工時間の短縮が実現できる。

5. おわりに

今回開発した杭孔壁形状の3次元計測技術「T-Pile 3D Monitor」は、杭の精度確認や孔壁崩壊状況把握、さらにはコンクリート打設管理手法の精度向上など、場所打ち杭の施工管理・品質管理手法として有効である。また、本装置を使って、先端拡底杭の拡底部形状や地中連続壁のような矩形平面形状でも有効に測定できることも確認できている。さらには、測定データは任意の断面で出力できて杭の出来形確認書類として活用できることなど、生産性の向上にも大きく寄与するものである。今後、拡径杭を含めた場所打ち杭や地中連続壁の実施工に広く展開して、品質管理精度の向上や生産性の向上を図っていく予定である。

JCMIA

【筆者紹介】

重光 達 (しげみつ とおる)
大成建設株式会社
土木本部 土木技術部 地盤・環境技術室
専任部長



平山 哲也 (ひらやま てつや)
成和リニューアルワークス株式会社
機械統轄部
部長



カルシア改質土バックホウ混合専用バケットによる 施工効率化と CO₂ 排出量削減効果

澤口大夢・浜谷信介

カルシア改質土は、軟弱な浚渫土にカルシア改質材（転炉系製鋼スラグを原料として成分調整と粒度調整を施した材料）を混合して強度発現させた材料であり、浅場、干潟、藻場などの造成に有効活用することができる。

浚渫土とカルシア改質材を混合する際、バックホウ混合工法では時間がかかることが課題となっていたが、近年、混合時間を短縮できるカルシア改質土混合専用バケット（以降カルシアバケットと記載）が開発され、多くの公共工事で用いられている。またカルシアバケットを使用することにより、施工効率化に伴う CO₂ 排出量削減効果を期待することができる。

キーワード：浚渫土、カルシア改質土、バックホウ混合、カルシアバケット、施工効率化、CO₂ 排出量削減

1. はじめに

わが国では港湾機能の維持拡大のために航路・泊地浚渫は不可欠であるが、その際、大量の浚渫土が発生する。浚渫土が細粒分が多い軟弱土である場合にはそのままサイクルすることは難しくなっており、従来土砂処分場や埋立地へ投入処分されることが多かった。しかしながら近年では土砂処分場の確保が困難となり、また循環型社会形成の促進の観点からも浚渫土の有効利用が課題となっている。

このような背景のもと、軟弱浚渫土に鉄鋼製造過程の副産物である転炉系製鋼スラグを混合して改良し、海域での自然再生や建設事業に有効利用する「カルシア改質土」の技術開発が、鉄鋼会社と港湾土木会社を中心に実施され、実用化されている。

カルシア改質土の混合方法には落下混合工法、バックホウ混合などがあり、施工場所や使用可能面積、施工数量などによって適切な混合方法が選定される。中でもバックホウ混合は小規模施工において経済的である。バックホウ混合工法適用時の一般的な施工フローを図-1に示す¹⁾。現場作業は大きく分類すると浚渫→混合→投入であり、これらが循環して施工サイクルとなる。

浚渫土とカルシア改質材を混合する際、品質にばらつきが生じないことが重要であるが、標準バケットを使用すると均一に混合するまでに長時間を要するため、施工サイクルのボトルネックとなることが多い。

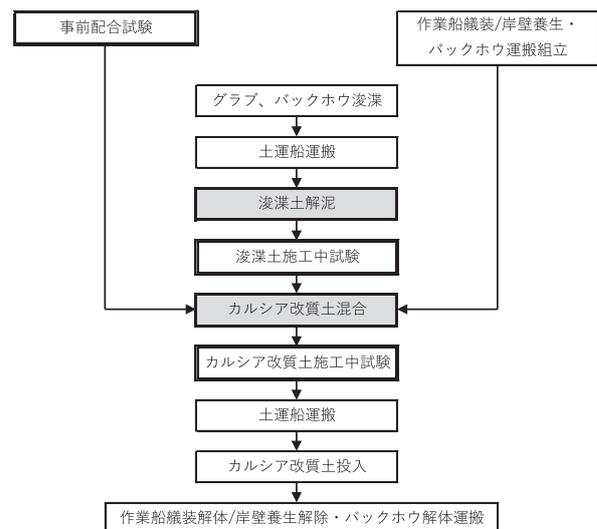


図-1 バックホウ混合の施工フロー¹⁾



写真-1 カルシアバケット

そこで近年、バックホウ混合工法において短時間で安全に品質の均一化を図るため写真-1に示すカルシア改質土バックホウ混合専用バケット（以下、「カル

シアバケット」とする。)が開発され、多くの公共工事に用いられている。本稿ではカルシアバケットを使用した施工事例、及び、作業時間の短縮によるCO₂排出量削減効果について紹介する。

2. カルシアバケットの概要

(1) カルシアバケットの特長

浚渫土とカルシア改質材の混合に標準バケットを用いると、品質が均一になるまで時間がかかる。これにあたり、従来の油圧の攪拌バケットは一般的にコストが高く、また油圧への負荷が大きくなると作動不良や油漏れのリスクがある。そのため動力を用いず油漏れのリスクの無いバックホウアタッチメントを検討した。

カルシアバケットは本体の前面、内部、背面に3層の格子部材を有している。格子の開口は前面で広く、背面に向けて狭くなっており、かつ3層は交互配置になっている。これらの構造により、図-2のように動力を使用することなくバケットの前後移動と掬上げ落下で浚渫土とカルシア改質材を効率的に混合することができる。

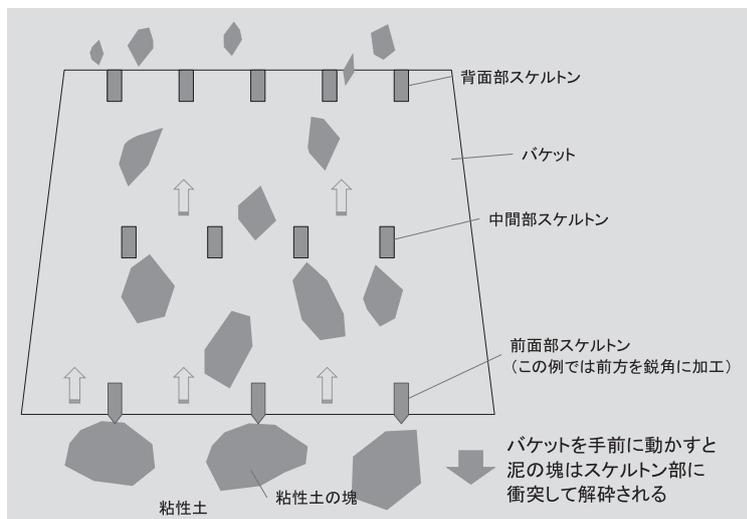


図-2 カルシアバケットの特長

(2) 標準バケットとの比較

カルシアバケットを使用した工事（以下、「A 工事」とする。）と標準バケットを使用した工事（以下、「B 工事」とする。）で、バックホウ混合で混合完了までの時間を確認する「混合時間試験」を行った²⁾。各工事の材料諸元を表-1に示す。A 工事の浚渫土は自然含水比 83.1%，液性限界 65.4%，細粒分含有率 81.8%～91.9%で改質材は 20% 配合であった。B 工事の浚渫土は自然含水比 258%，液性限界 115%，細粒分含有率 79.7%で改質材は 30% 配合であった。

混合時間試験では土運船を図-3のように左右に2等分(L・R)、船首側から船尾側に向けて前後に4等分(1～4)して計8カ所(R1～L4)のエリアを設定し、混合作業開始から一定時間ごとに各エリアから



図-3 土運船内サンプリング位置図

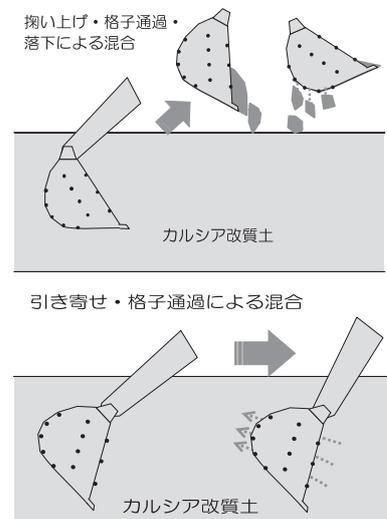
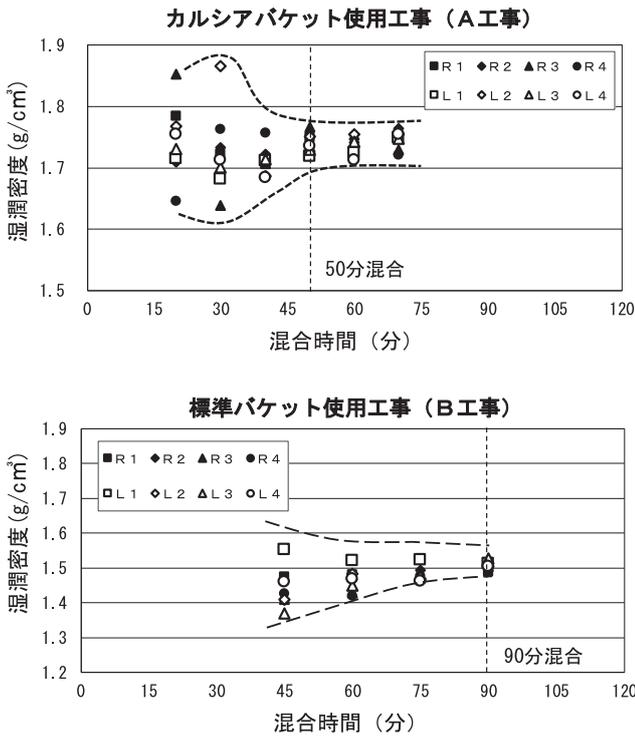


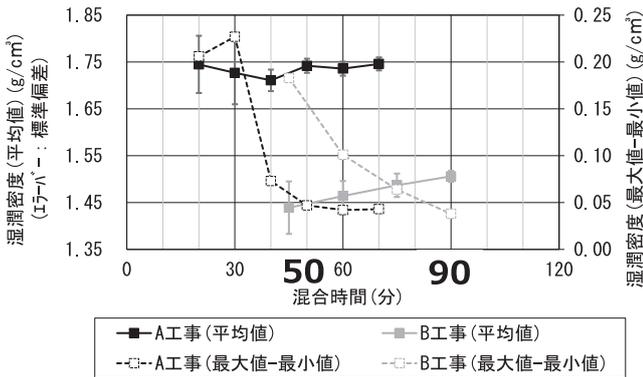
表-1 材料諸元

カルシアバケット使用工事 (A 工事)			
カルシア改質土 360 m ³ (土運船 (650 m ³ 積) 内)			
シリンダーフロー値 (cm)		8.6	
浚渫土 280 m ³	カルシア改質材 20 vol%		
湿潤密度 (g/cm ³)	1.48	最大粒径 (mm)	26.5
含水比 (%)	83.1	表乾密度 (g/cm ³)	2.85
液性限界 (%)	65.4		
シリンダーフロー値 (cm)	12.9	単位容積質量 (g/cm ³)	1.75

標準バケット使用工事 (B 工事)			
カルシア改質土 420 m ³ (土運船 (650 m ³ 積) 内)			
シリンダーフロー値 (cm)		13.3	
浚渫土 290 m ³	カルシア改質材 30 vol%		
湿潤密度 (g/cm ³)	1.20	最大粒径 (mm)	37.5
含水比 (%)	258	表乾密度 (g/cm ³)	2.53
液性限界 (%)	115		
シリンダーフロー値 (cm)	19.4	単位容積質量 (g/cm ³)	1.55



図一四 各工事の混合時間試験結果



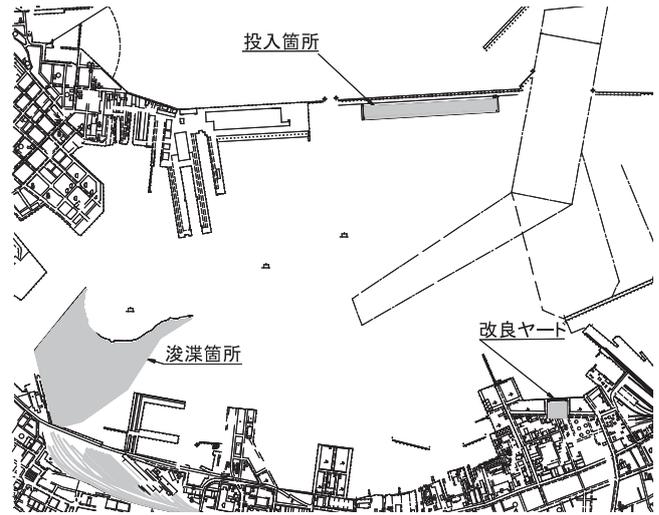
図一五 各工事の混合時間試験結果整理

サンプル採取して湿潤密度を測定した。

各工事の混合時間試験結果を図一四に、結果を整理したものを図一五に示す。湿潤密度の最大値と最小値の差に着目すると、A工事では混合後40分で0.073 g/cm³、B工事では混合後45分で0.183 g/cm³であり、混合後40分まででA工事のほうがB工事よりも均一に混合されている様子が確認できた。さらにその後、混合完了と判断した混合時間は、A工事では50分で、B工事では90分であり、カルシアバケットを使用することで混合時間を約45%短縮できることが示された。

3. 実施工への適用例

2023年度までのカルシアバケットを使用した工事



図一六 函館港泊地浚渫その他工事 全体平面図

表一 二 材料諸元

カルシア改質土 666 m ³ (土運船 (1,100 m ³ 積)内)	
シリンドーフロー値 (cm)	8.2
浚渫土 472 m ³	カルシア改質材 20 vol%
湿潤密度 (g/cm ³)	1.46
含水比 (%)	99.5
シリンドーフロー値 (cm)	10.7
最大粒径 (mm)	26.5
表乾密度 (g/cm ³)	2.76
単位容積質量 (g/cm ³)	1.81

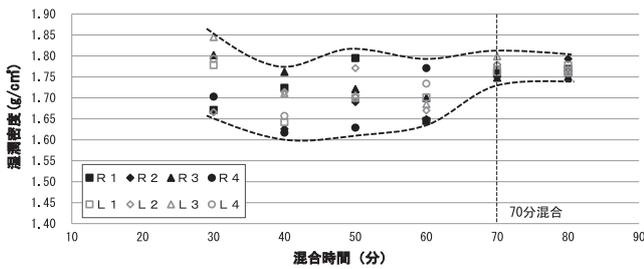
実績を以下に紹介する。

(1) 函館港泊地浚渫その他工事

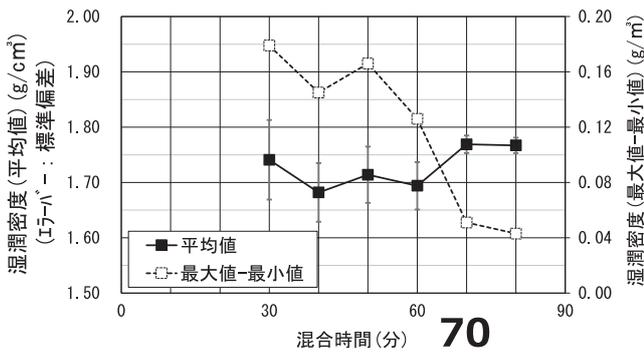
当工事は函館港若松地区岸壁整備に伴い、若松地区の泊地を-10.0 mまで浚渫し、発生した浚渫土をカルシア改良して、西防波堤内側へと投入し、背面盛土とする工事であり、2019年度～2022年度に10工事にわたって実施された。施工場所の全体平面図を図一六に、材料諸元を表一に示す。

この事業全体のカルシア改質土の施工数量は約470,000 m³であり、このうちカルシアバケットを使用した工事の施工数量は約250,000 m³で、全体の53%であった。2022年度のカルシアバケット使用工事の実績を見ると、カルシア改質土量的设计数量は26,563 m³、日当たり改良土量は1,096 m³/日、実施数量(ほぐし数量)は30,681 m³であった。

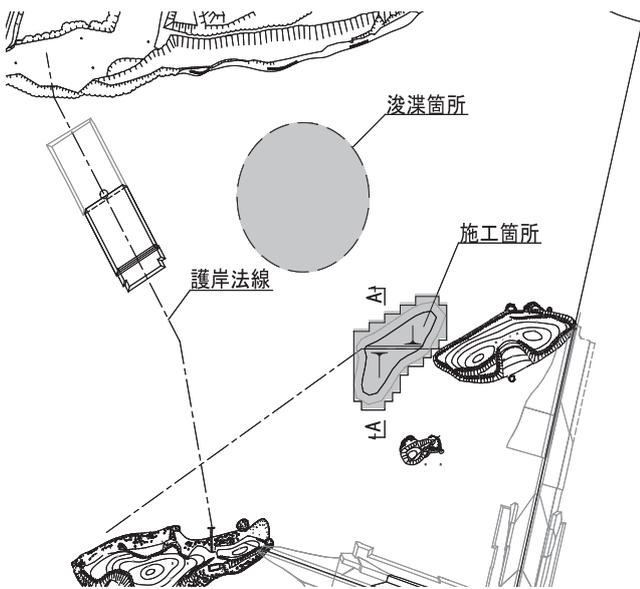
2022年度工事における混合時間試験の結果を図一七、八に示す。混合時間70分で湿潤密度が収束したと判断した。混合前の解泥作業についても同様に「解泥時間試験」を行ったところ解泥時間は30分であり、改質に要する時間は全部で100分であった。一方、「カルシア改質土工法積算マニュアル(第2版 Ver.2.1)」(以下、「積算マニュアル」とする。)により標準バケット使用の場合の混合時間を計算すると195分(解泥を含



図一七 2022 年度函館港浚渫工事の混合時間試験結果



図一八 2022 年度函館港浚渫工事の混合時間試験結果整理



図一九 大築島施工箇所

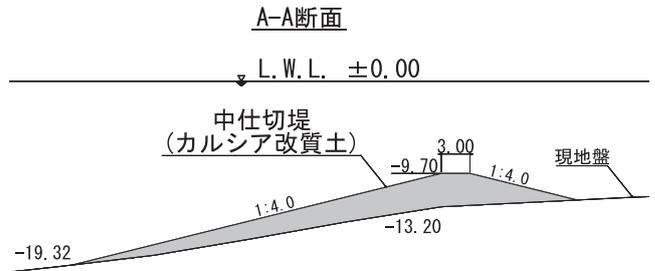
む) となり、カルシアバケットを用いることで、改質に要する時間を短縮できることが示された。

(2) 2023 年度八代港大築島土砂処分場中仕切堤工事

当工事は、八代港大築島土砂処分場の中仕切堤を施工するものである。施工場所は図一九に示す、熊本県八代市植柳下町大築島地先である。材料諸元を表一三に示す。工期は2023年10月4日～2024年3月27日、カルシア改質土量の設計数量は6,723 m³、日当たり改良土量は784 m³/日、実施数量(ほぐし土量)は9,412 m³であった。

表一三 材料諸元

カルシア改質土 480 m ³ (土運船(750 m ³ 積)内)			
シリンダーフロー値 (cm)	13.3		
浚渫土 372 m ³	カルシア改質材 20 vol%		
湿潤密度 (g/cm ³)	1.67	最大粒径 (mm)	20
含水比 (%)	56	表乾密度 (g/cm ³)	3.30
シリンダーフロー値 (cm)	18.1	単位容積質量 (g/cm ³)	2.22

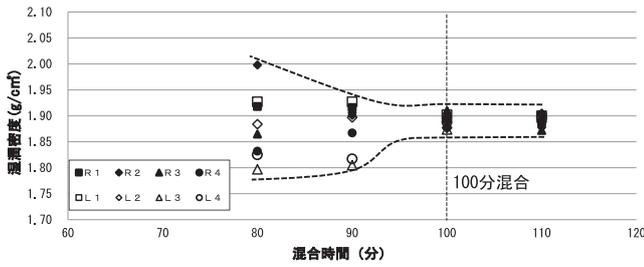


図一〇 八代港大築島カルシア改質土投入箇所断面図

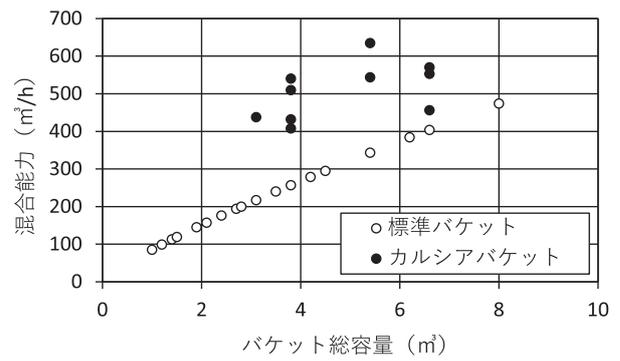


写真一 二 土運船養生状況

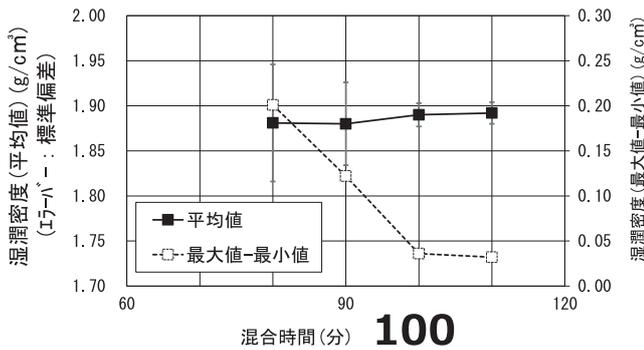
当工事の日当たり改良土量784 m³/日は2022年度函館港浚渫工事の1,096 m³/日と比べて30%程度低かった。当工事の投入箇所海底は傾斜がきつく、従来通りの施工方法では円弧滑りを引き起こす可能性があった(図一〇)。そこで、混合作業後は写真一 二のように土運船内で中1日程度の養生を実施し、所定の強度が確認されたのちに投入する必要があったためである。当工事の混合時間試験の結果を図一 11, 12に示す。混合時間100分で湿潤密度が収束したと判断した。解泥時間試験から得た解泥時間30分と合わせて、改質に要する時間は全体で130分であった。函館の事例と同様に積算マニュアルを基に標準バケット使用の場合の混合時間を計算すると210分(解泥を含む)であり、カルシアバケットを用いることで効率的に施工を行えることが示された。



図一 11 2023 年度八代港中仕切堤工事の混合時間試験結果



図一 13 バケット山積総容量と混合能力



図一 12 2023 年度八代港中仕切堤工事の混合時間試験結果整理

例を表一 4 に示す。事例 1 以外は標準バケットとカルシアバケットを 1 台ずつ使用しているが、これもカルシアバケット使用として扱った。

バケット総容量と混合能力の関係について、積算マニュアル記載の標準バケットのデータ（複数台のバケットでの施工を含む）と表一 4 のカルシアバケットのデータを合わせて図一 13 に示す。カルシアバケットの混合能力は、同容量の標準バケットと比較すると平均 1.67 倍である。

次に、標準的なバックホウ規格と土運船の組合せの中から 650 m³ 積土運船と 1.9 m³ のバックホウ 2 台を使用したカルシア改質技術適用工事を想定して、混合能力、混合時間、CO₂ 排出量を算出した。カルシア改質土は製鋼スラグを含むため、湿潤密度が大きく、土運船に満載にすることはできない。そこで、表一 3 の各事例の土運船規格に対するカルシア改質土積載量の比率を算出し、その平均値である 59% を用いて 650 m³ × 59% = 384 m³ をカルシア改質土の混合量とした。標準バケットとカルシアバケットの混合能力、混合時間、CO₂ 排出量の比較を表一 5 に示す。

1.9 m³ のバックホウ × 2 台使用時の混合能力は「積算マニュアル」より 257 m³/h である。カルシアバケッ

4. カルシア改質土施工時の CO₂ 排出量試算

カルシア改質材は鉄製造過程の副産物であるため製造時の CO₂ 排出量は小さいが、カーボンニュートラル社会の実現を目指す上では、さらにカルシア改質土を施工する際の CO₂ 排出量を低減することも重要となる。

そこで、まずカルシアバケットを用いた工事の施工条件や混合時間の整理を行った。また、積算マニュアルに記載されている標準的なバックホウ規格と土運船の組合せをもとに標準バケットとカルシアバケットの CO₂ 排出量の比較を行った³⁾。工事において混合時間試験で設定したカルシアバケットによる混合時間の事

表一 4 カルシアバケットによる混合時間の設定事例

区分	内容	項目	単位	事例 1	事例 2	事例 3-1	事例 3-2	事例 4-1	事例 4-2	事例 5-1	事例 5-2	事例 6-1	事例 6-2
材料の性状	浚渫土	含水比	%	162.0	82.2	112.4	83.1	115.9	71.5	114.9	88.0	114.4	87.1
		液性限界	%	111.3	63.2	65.6		70.0		71.2		71.2	
		細粒分含有率	%	99.3	84.8	88.8		91.6		84.1		84.1	
	カルシア改質土	カルシア改質材混合率	%	40	20	20		20		20		20	
シリンダーフロー		mm	83	86	86	86	130	86	82	82	139	85	
施工状況	土運船	規格	m ³	1,300	1,100	600		600		600		1,100	
		カルシア改質土積載量	m ³	730	645	380		340		360		635	
	バックホウ	通常バケット容量	m ³	-	3.5	3.5		1.9		1.9		3.5	
		カルシアバケット容量	m ³	3.1	3.1	3.1		1.9		1.9		1.9	
		バケット総容量	m ³	3.1	6.6	6.6		3.8		3.8		5.4	
		混合時間	分	100	70	40	50	40	50	40	50	60	70
混合能力	m ³ /h	438	553	570	456	510	408	540	432	635	544		

表-5 標準バケットとカルシアバケットの比較

区分	項目	単位	標準バケット	カルシアバケット
土運船	規格	m ³	650	
	カルシア改質土積載量	m ³	384	
バックホウ	通常バケット容量	m ³	1.9×2	1.9
	カルシアバケット容量	m ³	-	1.9
	バケット総容量	m ³	3.8	3.8
	混合時間	分	90	54
	混合能力	m ³ /h	257	429
	混合時 CO ₂ 排出量	kg-CO ₂	248	149
	標準バケットに対する CO ₂ 排出量の比率	%	100	60

トは標準バケットの1.67倍の混合能力があるとする
と、 $257\text{ m}^3/\text{h} \times 1.67 = 429\text{ m}^3/\text{h}$ となる。これをもと
に 384 m^3 のカルシア改質土の混合時間を計算する
と、標準バケットは $384\text{ m}^3 \div 256\text{ m}^3/\text{h} = 90$ 分、カル
シアバケットの混合時間は $384\text{ m}^3 \div 429\text{ m}^3/\text{h} = 54$ 分
となる。

次に 1.9 m^3 のバックホウの燃料使用量 $32\text{L}/\text{h}^4$ と混
合時間等をもとに、式(1)を用いて土運船1隻あた
りのバックホウ混合時のCO₂排出量を求めた。

$$\text{CO}_2 \text{ 排出量 (kg-CO}_2) = \text{燃料使用量 (L/h)} \times \text{混合時間 (h)} \times \text{使用台数} \times \text{軽油の排出量原単位 (kg-CO}_2/\text{L)} \quad (1)$$

この結果、土運船1隻あたりのバックホウ混合時の
CO₂排出量は標準バケットの248 kg-CO₂に対し、カ
ルシアバケットでは149 kg-CO₂となり、標準バケッ
トと比べて40%減少することが試算された。

5. おわりに

カルシアバケットを使用することの有用性と施工事
例、および施工時間の短縮に伴うCO₂排出量の削減
効果を紹介した。昨今の働き方改革やカーボンニュー

トラル社会の実現に向け、本技術がより広く普及され
るよう努めていきたい。



《参考文献》

- 1) カルシア改質土研究会「カルシア改質土工法積算マニュアル」第2版 Ver.2.1 2021.8
- 2) 野中宗一郎, 泉総, 浜谷信介「カルシア改質土バックホウ混合専用バケットを用いた混合作業の効率化について」VI-66 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会 2021.9
- 3) 田中裕一, 浜谷信介, 野中宗一郎, 中川雅夫「カルシア改質土施工時のCO₂排出量の試算と低減方法の検討」土木学会論文集B3(海洋開発) Vol.78, No.2, I_157 - I_162 2022
- 4) (一社) 日本建設機械施工協会「令和6年度版建設機械等損料表」2024.4

【筆者紹介】



澤口 大夢 (さわぐち ひろむ)
五洋建設㈱
環境事業部 海域環境グループ
係員



浜谷 信介 (はまたに しんすけ)
五洋建設㈱
環境事業部 海域環境グループ
担当部長

ICT を活用した大規模造成工事の施工事例

平井 崇・松本 将和

近年、建設業界では生産性向上と省力化が求められており、ICT（情報通信技術）の導入が進んでいる。大規模造成工事において、ICT を総合的に活用し、施工計画および施工管理を実施した。具体的には、航空レーザーや UAV（無人航空機）を用いた現況測量、切盛土の土量配分シミュレーション、ICT 施工、デジタルツイン技術を用いた施工管理、3次元データによる出来形管理を行った。本報では、さまざまな ICT ツールの活用により、工事での大幅な効率化と省力化を実現できた事例を紹介する。

キーワード：土工事、BIM/CIM、ICT 施工、デジタルツイン、生産性向上

1. はじめに

国交省が 2025 年度までに建設現場の生産性を 20% 向上させることを目的とする「i-Construction ～建設現場の生産性革命～」を発表した。さらに、令和 6 年 4 月に、国交省が新たな建設現場の生産性向上の取り組みとして「i-Construction 2.0」を策定し、2023 年度比で 2040 年度までに、3 割の省人化と生産性 1.5 倍の向上を目指すことを発表した。

BIM/CIM（Building/Construction Information Modeling, Management）の導入が進む中で、点群データや AI などの先進技術が登場し、これまで多くの時間と労力を要していた業務プロセスが改革を遂げつつある。この変革の背景には、生産年齢人口の減少や高齢化にともなう労働力不足、長時間労働、DX（Digital Transformation）推進などの課題があり、特に労働力不足は業界全体で深刻な課題となっている。この課題に対処するためには、従来の方法を見直し、ICT ツールなどの先進技術を積極的に導入することが不可欠である。

ICT ツールを活用することで業務効率化が進展している。多様なツールが利用可能であり、これらのツールは工事現場で試行され、その有用性が確認されている。

本稿では、大規模造成工事での施工計画および施工管理を、3次元モデリング、ドローン測量、クラウドベースのプロジェクト管理ツールなど、さまざまな ICT ツールを活用した取り組みについて報告する。

2. プロジェクトの概要

開発区域約 60 ha、切盛土量合わせて約 900 万 m³ に及ぶ大規模な造成工事である。プロジェクトの工事概要は表 1 のとおりである。

3. 全体構成概要

起工測量、計画、設計、施工に関わる建設生産プロセスに関するデータを共有し、工事全体を一元管理した（図 1）。起工時の現況地形の測量には航空レーザー測量を実施し、日々の出来形管理にはドローン測量を行った。設計や測量など、建設プロジェクトに関するデータを一元管理するために、「Smart Construction Dashboard（EARTHBRAIN 社）」（以下、本 3次元モデル）を利用した。

本 3次元モデルを用いることで、土量計算や土量配分シミュレーションを効率的に実施することが可能で

表 1 工事概要

工事分類	土地開発, 造成, その他施設
切土工	約 4,300 千 m ³
盛土工	約 4,600 千 m ³
法面工	約 490 千 m ²
伐木除根工	約 590 千 m ²
暗渠排水工	約 16 千 m
雨水排水工	約 30 千 m
調節池工	4 箇所
高低差	約 240 m



図-1 全体構成イメージ

あり，システムから出力した3次元データを建設機械のマシンガイダンスに活用することができる。

工事現場内には，衛星インターネットサービス (SpaceX社) およびメッシュwifi (PicoCELA社) を利用してインターネット環境を整備し，関係者間の情報共有，施工管理ソフトの活用を行った。

4. ICT ツール活用による施工管理

(1) 航空レーザー測量

工事着工前の段階で航空レーザー測量を実施した。航空レーザー測量は山中に立ち入ることなく，約60haの地形を数時間で計測することが可能である (図-2)。

従来の測量と比較すると，コスト面ではUAVレーザー測量が優れている一方で，測量範囲と時間の面では航空レーザー測量が優れている (図-3)。伐採前に詳細な現地地形を把握することができ，施工計画の検討に大いに役立った。

また，日射量に対する樹木の影響を考慮し，発注者から伐採境界ライン周辺の樹高データの提出が求められた。航空レーザー測量では，点群データに加え，写真画像データも含まれ，樹木の頂部および根本 (地形データ) を取得できる。これにより，樹木の高さ，森林の体積を算出することが可能となる。

航空レーザー測量 (LiDAR: Light Detection and Ranging) は，航空機に搭載されたレーザー測距装置を用いて地形の詳細なデータを取得する技術である。航空機から地上に向けてレーザーを照射し，レーザーが地表面上の点で反射して戻ってくるまでの時間差を測定することで，その点の三次元位置を算出し，地表面の形状を面的に取得するものである (図-4)。主な特徴として，高精度な地形データ (高さや形状) の計測が可能であり，広範囲の地形データを短時間で取得できる点が挙げられる。また，レーザー光は樹木の



図-2 航空レーザー測量業務計測計画

各種測量データ比較表

	航空レーザー測量	UAV写真測量	UAVレーザー測量	地上レーザー測量
コスト	△	○	○	△
時間	◎	△	△	×
範囲	◎	△	△	×
精度	○	×	○	○

図-3 各種測量データ比較

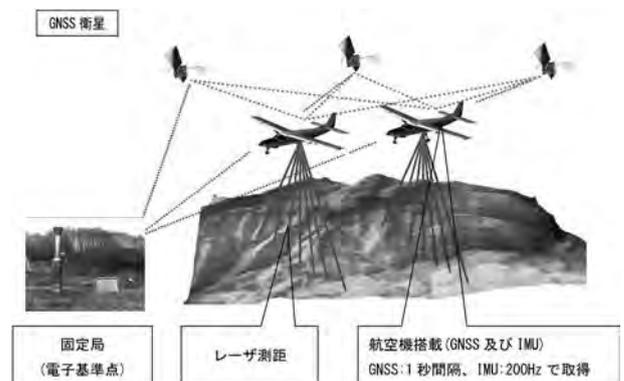


図-4 レーザー測量

葉を通過するため、森林地帯においても地表の詳細なデータを取得することができる。

今回採用した航空レーザーは、従来の航空レーザーに比べて高密度の点群データを取得することが可能である。具体的には、レーザー照射数が従来の50万発/秒から200万発/秒へと増加しており、これは従来の4倍に相当する。

(2) インターネット環境

現在の工事現場では、リアルタイムでコミュニケーション、関係者間の情報共有、および施工管理ソフトの活用のために、インターネット環境が不可欠である。インターネットの利用により、現場の状況を即座に報告し、必要なデータを迅速に共有することが可能になる。これにより、工事の効率化や品質の向上が図られる。

当該工事現場は過疎地に位置しており、通信キャリアのネットワーク接続が利用不可能または不安定であったため、インターネットの利用が制限されていた。そこで、地球上のほぼすべての地域で利用可能な衛星インターネットサービスを選定した。これは、SpaceX社が提供する衛星インターネットサービスであり、地球低軌道に配置された多数の小型衛星を利用して地上のアンテナと通信を行い、インターネット接続を提供する。主な特徴として、山間部や離島など従来のインターネットインフラが整備されていない地域でも高速インターネットの利用が可能になる点が挙げられる。

さらに、広範囲でインターネットを利用するためにメッシュwifiを併用することで、効率的なインターネット環境を整備することができた。メッシュwifiは、無線メッシュネットワーク技術を利用しており、複数のWi-Fiアクセスポイントが相互に通信することで、広範囲にわたる安定したネットワークを構築する

技術である。これにより、現場全体で安定したインターネット接続が確保され、すべての施工データをリアルタイムで共有・活用できる環境を整備した(写真-1)。

(3) 本3次元モデル

施工の検討段階から工事完了まで、3次元モデルを用いて連携し、工事現場を3次元地形データに基づいて俯瞰的に確認することができた。また、距離や面積の計測、現況地形と完了地形の比較、土量計算など、工事の実施に必要な機能を備えた本3次元モデルは、不可欠なツールであった。

測量データと3次元設計データを統合して現場のデジタルツインを構築することで、施工計画を円滑に作成することが可能となった。盛土および切土の土量配分シミュレーション(図-5)を短時間で自動的に作成することができ、従来の方法と比較して土量計算時間は約1/6に短縮することができた(表-2)。

施工の進捗状況を可視化し、問題点を特定するため

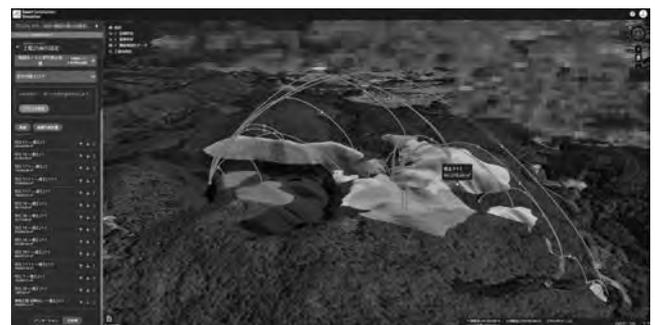


図-5 土量配分シミュレーション

表-2 従来の土量計算との比較

計算方法	計算面積	土量計算日数
平均断面法	約 60 ha	3 人工
本3次元モデル		0.5 人工

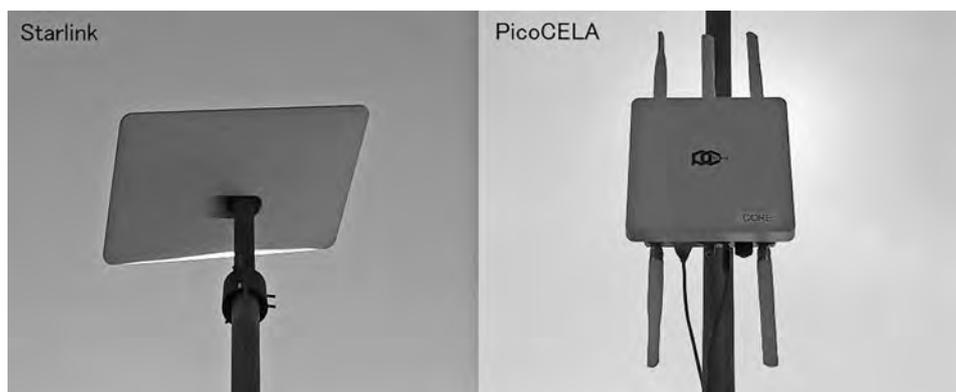
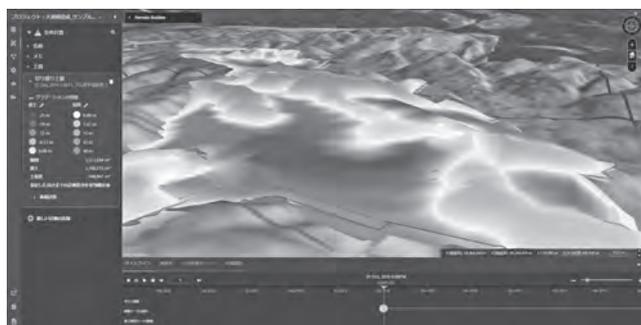


写真-1 インターネット環境

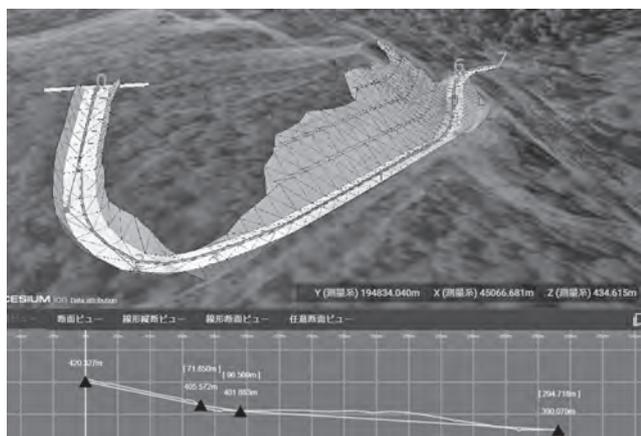
にヒートマップ表示が必要不可欠である（図—6）。計画地形である3次元設計データとの差分を出来形の数值情報やヒートマップ表示で可視化することで、進捗状況を視覚的に把握し、次に施工すべき箇所を特定することが可能になる。ヒートマップ表示により、施工が計画通りに進んでいる箇所と遅れている箇所を色分けして直感的に確認できるため、施工が遅れている箇所や追加の作業が必要な箇所を迅速に特定し、効率的にリソースを配分することができる。また、数值情報を併用することで、具体的な施工量や必要な機材を正確に把握し、次の施工ステップを計画的に進めることが可能になる。

造成工事においては、仮設道路の設置計画が非常に重要な工程である。仮設道路は、工事用車両や機材の搬入・搬出を円滑に行うために必要不可欠であり、その計画が工事全体の効率に大きく影響する。特に大規模造成工事においては、その検討および見直しには多大な労力と時間を要する。しかし、Smart Construction Design3Dを用いることで、さまざまな仮設道路の設置シミュレーションを短時間で実施できた。

視点や経由ポイントを指定するだけで仮設道路の設置シミュレーションが可能となり、土量計算も瞬時に行うことができるため、複数のルートと比較・検討することが可能となった（図—7）。従来の方法（図面



図—6 ヒートマップ表示



図—7 仮設道路設計

作成から土量計算まで）と比較すると、検討時間は1/5に短縮され、大幅な効率化が実現した。作成した道路データは、ICT建機の設計データとして活用し、施工の効率化を図った。

また、雨水解析シミュレーション機能を活用し、施工中の最新地形（ドローン測量で取得した地形データ）から水たまりが発生しやすいエリアを検討した。今回の検討では1時間に30mmの雨量を想定した。図—8の丸囲い部では、最大で249m³の水たまりが予想されることが分かり、施工検討の段階で対策を実施することができた。

現場でデジタル化された情報を活用することで、現場判断の迅速化が可能となるが、デジタル化された現場においても、施工計画の検討は依然として現場監督の知識と経験に依存している。具体的には、どのような手順で、いつ、どこに、どれだけの建設機械や作業員を配置するかといった計画を立てる業務は従来と大きく変わらず、多くの時間と労力を要している。

しかし、本3次元モデルは、施工計画の問題点を3次元モデルで可視化し、膨大なパターンから最適解を瞬時に抽出するシミュレーション機能を搭載している。これは、本3次元モデル上で作成したデジタルツインを用いて、さまざまな現場の制約条件を考慮し、施工プロセス自体を可視化するソリューションである。運土量、運搬距離、片側通行などの制約条件を踏まえ、AIを用いた最適化技術で最適な計画や機械編成を出力する。

常に変化する現場状況に合わせて、短時間で最適な再計画が可能であり、計画の見直しも容易に行うことができる。

熟練の現場監督が有する知識と経験に基づく判断は、現場のさまざまな要素を考慮して決定するため、そのすべてをデジタル上で完全に再現することは困難である。しかし、最適計画の一例をアプリケーションから提案することは可能である。これにより、熟練の



図—8 雨水シミュレーション

現場監督を支援するだけでなく、若手技術者への技術継承を効率化することができる。

(4) ICT 施工

建設現場においては ICT 建機の導入が進んでいる。建設機械に 3 次元設計データを搭載し、GNSS 等の技術を用いて建機の位置情報を取得することが可能である。これにより、オペレータに対して施工位置のガイダンスを提供する機能や、オペレータの操作の一部を自動化する機能が実現されている。この技術革新により、丁張りの作業の省略が可能となり、作業性の向上が図られることで施工の効率化が進んでいる。

本工事所でも、ICT 建機を採用し、マシンガイダンス技術を導入した(写真—2)。これにより、3次元設計データを用いて設計に忠実な施工をすることが可能となった。本 3 次元モデルからマシンガイダンス用のデータを自動転送することが可能であり、効率的な運用が実現した。

オペレータは、刃先と設計ラインをモニターで確認しながら操作することができるため、視覚的に理解しやすく、精度の高い施工が可能となった。また、危険な法面での丁張り作業が不要となり、計測や確認作業がほとんど不要になったため、安全性向上と省力化が実現した。

(5) ドローン測量

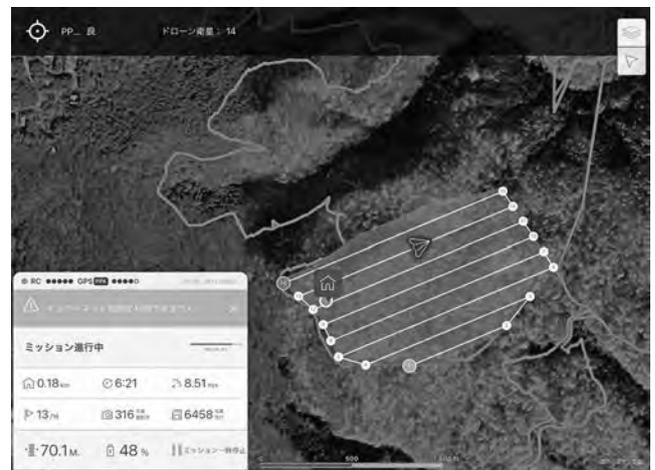
大規模造成工事では、工事の進捗管理を適切に行うために、現況地形の測量と土量の算出は不可欠である。従来の光波測量では、測量から土量算出までの作業に膨大な手間と時間を要していた。

しかし、ドローン測量を活用することにより、測量から土量管理までの作業の高速化が実現され、施工の重要なポイントにおいて進捗状況や残りの工事量を的

確に把握することが可能となった(図—9)。

ドローン測量の効果は絶大で、従来の光波測量と比較すると、測量・解析・土量計算にかかる 60 人工に対しドローン測量は 2 人工と約 1/30 に削減できた(造成面積約 60 ha を 1 回測量した場合)(表—3)。

今回採用した SmartConstructionEdge2 は、ドローンで取得した画像から SfM 処理による点群生成やオルソモザイク画像の作成、不要物除去をその場で行う「エッジコンピューティング」技術を用いている。これにより、20,000 m² の現場写真を約 150 秒で点群データ化することが可能となり、迅速かつ精度の高い出来形管理を実施することができた。



図—9 ドローン測量経路

表—3 従来測量との比較

測量方法	測量面積	現地測量・解析・土量計算
光波測量	約 60 ha	60 人工 (3 パーティ)
レーザー測量		10 工 (1 パーティ)
ドローン測量		2 人工 (1 人)



写真—2 マシンガイダンス

5. 本工事により得られた成果と課題

工期が厳しい中で、効率的な進捗管理と省力化の向上を目的として ICT ツールを導入した大規模造成工事の施工を実施した。特に、工事着工前の計画段階における切盛土量の把握と土量配分シミュレーションは迅速な対応が求められた。航空レーザーやドローン測量による現況測量は、現地に立ち入ることなく実施でき、施工中においては重機との混在作業が不要となり、重機との接触リスクが排除された。また、測量にかかる所要時間と概算費用が大幅に削減できることが確認できた。

大規模造成工事においては、大型重機を使用し、日当たりの施工量が数万立方メートルに達するため、日々変化する土質条件や施工条件に応じて土量配分計画を変更することが非常に困難であった。また、施工途中での進捗確認においては、計画と現状の差異をいかに早期に発見し、それを施工にフィードバックするかが重要であったが、従来の平均断面法およびメッシュ法を用いた土量計算では、計算に要する時間が非常に長く、実務において十分な時間を確保することが困難であった。

しかし、これらの課題に対して、本3次元モデルなどの ICT ツールを活用することが効果的であることが分かった。日々の土量管理において、土質や施工条件の変化を即座に把握し、迅速に土量配分計画を調整することが可能となり、効率的な施工が実現した。これらの ICT ツールの活用により、大規模造成工事の生産性が向上し、省力化も達成された。

6. おわりに

ICT を活用し、従来の施工からデジタルを駆使した施工に置き換えることで、業務の効率化を省力化、安全性の向上を実現することができた。現場のデジタルツインを構築し、リアルタイムでの進捗管理や問題点の早期発見が可能となった。これにより従来では困難であった迅速な対応と計画の見直しが容易になり、全体的な施工プロセスの最適化が図られた。

今後の建設現場においては、生産性向上と省力化が一層求められる中、ICT の力を活用して現場の諸課題を克服し、さらなる効率化と省力化を目指していきたい。

JCMA

《参考文献》

- ・ 川口貴大：地理空間情報と DX THE JOURNAL OF SURVEY 測量 2023.7

【筆者紹介】

平井 崇 (ひらい たかし)
 ㈱奥村組
 ICT 統括センター イノベーション部
 i-Construction 推進課
 課長



松本 将和 (まつもと まさかず)
 コマツカスタマーサポート(株)
 直轄事業部 直轄営業部
 担当課長



デジタルツインプラットフォームによる 現場施工管理の効率化

澤 城 光二郎

国土交通省では i-Construction 2.0 などの取り組みを通じて、建設現場の DX 化や ICT の全面的な活用を推し進めている。そのような情勢のなかで、様々な ICT が建設現場に適用され、施工に関するデータが取得されているが、その多くは 3 次元測量や ICT 建機など、限られた工種や担当者での活用に留まっており、工事全体の効率化には至っていない。そこで、工事全体の作業調整や進捗確認などの施工管理業務を効率化するため、現場で取得された点群、画像、映像をもとに現場のすがたをデジタル空間に再現するプラットフォームを開発し、実現場で効果検証を行った結果を報告する。

キーワード：デジタルツイン、3次元データ、施工管理、情報共有、施工進捗率

1. はじめに

国土交通省では、少子高齢化に伴う建設現場の担い手不足や働き方改革による労働環境の改善など、建設業界が抱える多くの課題を解決するために、ICT を導入することで工期短縮と省人化による生産性向上を図る i-Construction の取り組みを進めている。その結果、多くの工種で ICT の普及拡大¹⁾が進んでいるほか、施工に限らず建設業に係る一連の業務プロセスを DX 化して、働き方改革や生産性の向上を図る取り組みも盛んである²⁾。このような情勢のなかで様々な ICT が建設現場に適用され、施工に関するデータが取得されている。

しかし、現状の ICT 活用は 3 次元計測技術による測量工や ICT 建機による土工事など、工種単位や限られた担当者での作業の効率化に留まっているため、現場で取得されている種々の施工データを統合・分析することにより ICT 施工を建設現場全体の効率化の段階へ繋げることが求められている¹⁾。

そこで筆者らは、工事全体の効率化を目標とし、現場職員の施工管理を省力化・省人化するべく、建設現場のデジタルツインを実現するプラットフォーム（以下、プラットフォーム）の開発を進めている。

このプラットフォームを活用することで、点群、画像、映像のデータから仮想空間を構築し、現場情報の円滑な共有、施工実績に基づく将来の進捗予測、危険リスクの抽出といった業務の省人化、施工管理の最適化実現が可能となると考えた。本稿では、開発したプ

ラットフォームの概要と基本的な機能について述べるとともに、当社の大規模造成工事に試験適用し、施工管理に活用した事例とその効果について報告する。

2. デジタルツインプラットフォームの概要

(1) 建設業界におけるデジタルツインの取り組み

国土交通省では建設現場のオートメーション化によって施工の省人化、働き方改革の実現を目指しており、その柱のひとつ「データ連携のオートメーション化」では、デジタルツインの構築を容易にできるよう、国土交通データプラットフォームの改良や xROAD（クロスロード）、3次元都市モデル PLATEAU（プラトール）など各種オープンデータベースの整備が進められている^{3), 4)}。

ゼネコン各社においてもデジタルツインを施工管理に活用する取り組みを進めている。重機や作業員の位置情報と現場 3D モデルを連携して現場状況を把握する土木工事用アプリケーションの施工管理への導入⁵⁾や、異なるアプリケーション間でデジタルデータの相互連携を行うための共通データ環境 CDE（Common Data Environment）の構築⁶⁾など、デジタルツイン実現に向けた環境構築が進んできている。

一方で、現状のデジタルツインの施工管理への適用は特定工事での試験的な活用に留まっており、現場で一般的に利用されるまでには至っていない。デジタルツインを今後多くの建設現場に普及させていくためには、多様な工種に利用できる汎用性や利用者が負担な

く扱えるユーザービリティを考慮した開発を行うことが重要だといえる⁷⁾。

(2) プラットフォームの考え方

上記のような状況を踏まえ、デジタルツインを実現するプラットフォームの開発においては、適用する工種を限定せずに汎用的なシステムとして構築することを前提とした。また、プラットフォームはwebアプリ形式を採用し、発注者や受注者など認証されたユーザー間の円滑なアクセスと情報共有を可能にしている。

プラットフォーム内で扱うデータは点群、映像、画像、設計データとし、現場職員が計測作業や巡回中に得たデータをプラットフォームにアップロードすることで、仮想空間を構築していく。各データには位置情報と時刻情報が付与されているため、ユーザーはPCを通して仮想空間上の正確な位置に配置された現場データを時系列で確認することができる。最新状況の共有や打合せでの活用だけでなく、工程表と連携して工事の進捗率や遅れを提示するなど、作業計画の立案を支援するシステムである。

(3) プラットフォームの運用フローと基本的な機能

開発したプラットフォームの運用フローは図-1に示すように、以下の3つの段階からなる。

(a) 現場をデータ化する段階

デジタルツインを実現するためには、現実に存在している建設現場をデータ化することが必須である。地形や構造物のような形状をデータ化する場合は TLS

等の測量機器やドローン写真測量などを用いて点群データを作成する。現場の状況や外観は、スマートフォンやタブレット端末とGNSSアンテナを組み合わせて位置情報を持つ画像や映像データとする。仮想空間と現実空間を対応させ、様々な分析を行うために、これらの点群、画像、映像は位置情報を持つデータであることを基本としている。

(b) データを格納、分析する段階

データ化したものを単純に保存するだけでは、目的とするデータを探し出すことが困難であるため、このプラットフォームでは、データを位置情報と工程の時間情報に関連付けて4D管理している。図-2にプラットフォームの基本画面を示す。画面上部には仮想空間を表示し、点群の概観と画像、映像が撮影された位置を仮想空間にプロットしている。なお、位置情報は(a)にて各データに付与したものが反映されている。仮想空間のアイコンをクリックすると、画面右下に撮影した画像・映像が表示される。画面下部は工程表を表示しており、プラットフォーム内で工種と作業期間を入力するとガントチャート形式で表示される。データをプラットフォームにアップロードする際、工程表に入力されている工種を選択すると、ガントチャートの下部にデータが存在することを表すアイコンが表示される。現場形状を再現した仮想空間と日常的に目にする工程表のどちらからでもデータを選択できるため、必要なデータにアクセスしやすいプラットフォームとなっている。

本プラットフォームは格納したデータを閲覧するだけでなく、分析、比較する機能も有しており、点群データの場合は長さや面積、体積の計算に加えて、異なる時期のデータの差分を求めることができる。画像と映像の場合は2つのデータを横並びに表示し、ユーザーが変化点を観察しやすいようにしている。

(c) データを閲覧、活用する段階

あらかじめ権限を付与すれば、施工者、協力業者発



図-1 プラットフォームの運用フロー



図-2 プラットフォームの基本画面

注者など誰でもプラットフォームにアクセスすることが可能であり、格納、分析したデータを閲覧することができる。各工種の担当者が現場巡視の際に収集したデータをプラットフォームに集約しているため、自身が担当する工種だけでなく現場全体の情報共有が可能である。プラットフォームを閲覧すれば現場の様子を把握できるため、データを探す、現場へ確認に行くといった行為を大幅に削減するシステムだといえる。

3. 実現場におけるプラットフォームの試行

(1) 適用現場

開発したプラットフォームを建設現場の施工管理に導入した際の効果検証のため、当社の造成工事に試験適用した。適用した現場は図-3に示す敷地造成工事で、切土数量は約37万 m^3 、盛土数量は約42万 m^3 である。敷地造成の掘削で発生した土砂を重ダンプで土砂置場へ運搬し盛土することから、地形が日々変化することに加え、重ダンプの運行で他の現場車両が場内移動に時間を要している。このような現場状況に対してデジタルツインを導入することで施工管理が効率化・省人化すると予想し、本現場を選定した。試行期間は2週間（現場稼働日10日間）とし、期間中に取得した現場データをプラットフォームに入力し、施工管理の実務に活用した。

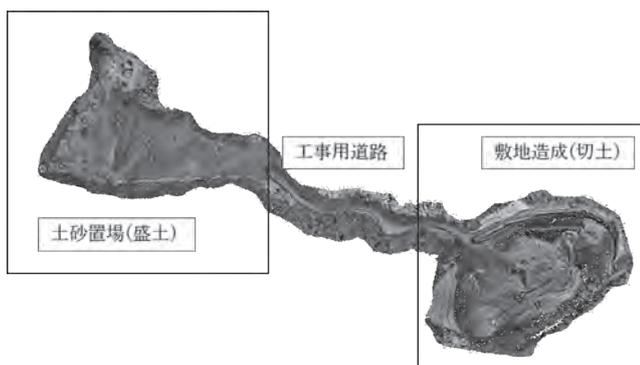


図-3 適用現場の全体図

(2) データ取得方法

プラットフォームに取り込むデータとして、現場全域の3次元データをドローン空中写真測量で1日2回午前と午後に計測した。図-4に示すように撮影画像をプラットフォームとAPI連携した自動SfM処理プログラム⁸⁾にアップロードし、点群、オルソ画像、数値標高モデル(DSM)の3種のデータがプラットフォームに自動で生成、反映される。SfM処理やプラットフォームへの反映を自動化したことで、データ処理にかかる職員の手間を大きく削減している。また、ハンディ型LSや地上型LSなど他の計測手法で取得した点群データの取込みも可能であり、現場条件に応じた計測手法を選択することができる。

局所的な点群、画像、映像を計測する手段としては、筆者らが独自に開発した専用iOSアプリケーション（以下、iOSアプリ）によるデータ取得システムを用いた。このシステムはスマートフォンやタブレット端末とGNSSレシーバを用いることで、建設現場で画像や映像および点群データを取得してプラットフォームへ伝送するまでの過程を簡略化、高速化するデータ取得システムである（図-4）。本システムは、LiDAR機能付きのスマートフォンもしくはタブレット端末と専用のGNSSレシーバを図-5左に示すように組み合わせて、位置情報を持つ画像、映像及び点群データを取得する。計測の際は図-5右に示す当社が開発したiOSアプリを使用しており、端末のカメラやLiDARセンサをアプリ内で制御し、画像、映像、点群の計測項目を単一画面内で変更できるため、計測項目の切り替えをスムーズに行える。

計測データに付与する高精度位置情報は、2周波GNSS受信機とRTK測位の手法を用いて取得し、計測中の測位状態はアプリの画面上部でリアルタイムに確認することができる。

高精度位置情報が付与された計測データは、iOSアプリ内でプラットフォームへ送りたいデータを選択し、アップロードボタンをタップするだけの簡便な操

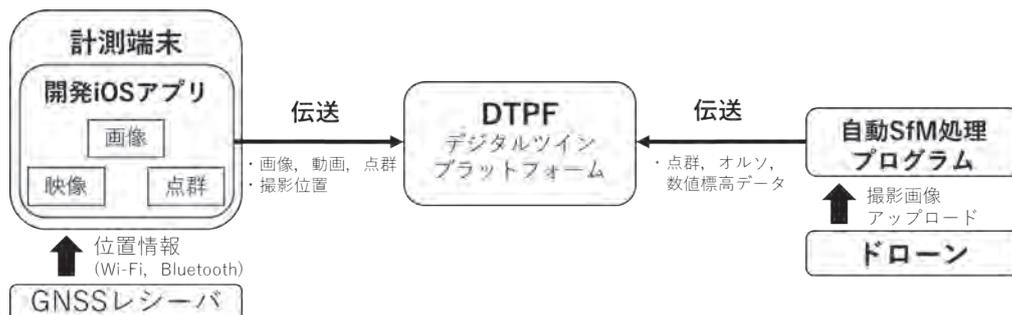


図-4 データ取得システムの構成



図一五 データ取得システムのデバイスとアプリ画面

作で、位置情報をもつ点群や画像のデータをプラットフォームに反映させることができる。このデータ取得システムを活用することで、現場巡視の際に気になった箇所の情報を即座にプラットフォームを介して関係者と共有することが可能となる。

(3) プラットフォームの活用事例と効果

(a) 作業打合せやトラブル対応での現場情報共有

建設現場で日々行われている作業打合せの際に、現場で取得した最新の3次元点群データや画像、映像を反映したプラットフォーム画面を参加者に共有することで、当日や翌日の作業調整に活用した(図一六)。従来は2次元の設計図面や施工図面を用いて現場職員と協力会社が作業打合せを行っていたが、本プラットフォームを用いたことで図面では把握することが困難な現場の現況地形や資機材の配置状況、立体的な作業スペースなどを3次元データや位置情報付き画像を使って工事関係者全体が共有し、より詳細な情報に基づいた打合せを行った。その結果、両者の作業イメージの齟齬が少なくなり、スムーズな作業指示や手戻りの防止につながった。また、現場でトラブルが発生した際に担当者が問題箇所をiOSアプリで撮影し、その写真をプラットフォームへアップロードすること

で、事務所にいる所長や主任が状況を正確に把握し、迅速な対応指示に役立てることができた。

(b) 土砂運搬量の進捗確認

異なる時期の点群データの差分からその期間における土砂の変化量を算出し、その結果を工程表機能と連携させることで土工の進捗確認に活用した。

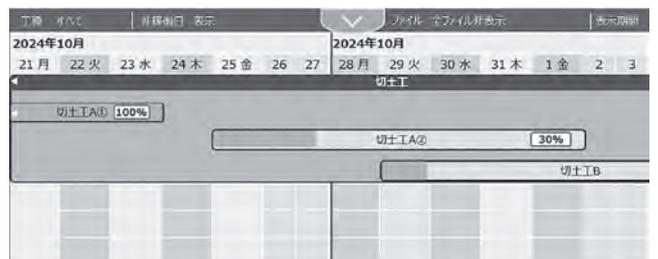
現場での試行期間中は、敷地造成箇所の掘削および土砂置場への土砂運搬と盛土が継続して行われていた。そこで、日々の現場地形をドローン写真測量で計測し、日時の異なる点群の差分から図一七のようにその期間内で変化した現場の切盛り土量を算出した。その結果をプラットフォームの工程表と連携させ、図一八に示すように設計値に対する現在の進捗率として示すことで、現場職員が測量や計算に労力を費やすこと



図一六 プラットフォームによる現場状況の確認



図一七 土量算出画面



図一八 施工進捗率の表示

なく土砂運搬量を確認して出来高を把握することに効果を発揮した。また、工程表に示されたこれまでの進捗状況から今後の施工進捗を定量的に予測して土運搬計画の見直しを図るなど、作業内容の調整にも活用できる。

4. おわりに

造成工事を対象に筆者らが開発したプラットフォームとデータ取得システムを試行した結果、仮想空間に再現された現場3次元データを関係者で共有することで従来よりも打合せの理解度が向上し、その後の作業を効率的に進めることができた。また、遠隔から現場の状況を把握して即座に対応を指示するなど、現場確認や作業調整に費やす時間と人員の削減により、現場の施工管理業務を効率化・省人化することができた。

今後は各工種のデータを工程表と連携させた4D施工管理や業務分析機能の拡充を行っていくとともに、自動航行ドローンや歩行ロボットと連携した現場計測の効率化に取り組んでいく。これにより、多くの工種において、現場全体の日々の変化を手間なく高頻度にプラットフォームへ反映させ、個別の業務だけでなく工事全体を総合的に分析することで、施工プロセスの最適化に活用できるプラットフォームを構築していく。

J|C|M|A

《参考文献》

- 1) 国土交通省：ICT 施工の普及拡大に向けた取組。
<https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/sosei_constplan_tk_000052.html>, (入手2024.3.28).
- 2) 国土交通省：インフラ分野のDXアクションプラン(第2版), p.5, 2023.
- 3) 国土交通省：i-Constructon 2.0～建設現場のオートメーション化～, p.15, 2024.
- 4) 土橋 浩：インフラデータプラットフォームによるデジタルツインの実装と将来展望, AI・データサイエンス論文集 4巻2号, p.1, 2023.
- 5) 元村 亜紀, 湯浅 知英, 山中 哲志：建設施工段階の汎用的なデジタルツインの実現—CPS 施工管理システムの開発—, AI・データサイエンス論文集 4巻2号, pp.89-96, 2023.
- 6) 宮岡 香苗, 松下 文哉, 宮崎 文平, 森田 俊彦, 小澤 一雅：建設施工段階のCDEにおける共通情報モデル, 土木情報学シンポジウム Vol. 49 No.34, p.1, 2024.
- 7) 山口 愛加, 田中 友悠, 窪田 諭：3次元点群データを基盤とする工事現場デジタルツインに関する研究, 土木学会論文集, Vol. 79, No. 22, 22-22044, p.8, 2023.
- 8) ㈱スカイマティクス, KUMIKI ホームページ
<<https://smx-kumiki.com/function/index.html#cloud01>>, (入手2024.12.16).

【筆者紹介】

澤城 光二郎 (さわき こうじろう)
 ㈱安藤・間
 技術研究所 フロンティア研究部
 ICT・ロボティクスグループ



地質 3 次元可視化による掘削支援システムの開発と生産性向上

Geo-MG[®] (ジオマシンガイダンス[®])

中 島 亮・片 山 政 弘・石 濱 茂 崇

建設工事で発生する土砂を掘削時に地質・土質区分毎に分別・採取することは、発生土の品質を確保し有効利用を促進する上で重要である。今回、掘削機械のマシンガイダンスに地質・土質データを組み込むことで、地質・土質境界を 3 次元可視化して分別・採取を可能にしたシステム Geo-MG[®] (ジオマシンガイダンス[®]) を開発した。これをフィルダム建設現場の掘削と材料採取に適用し、材料の品質確保と施工の効率化を達成した。また本システムの適用過程で地質・土質モデルを活用した BIM/CIM を実施し、事業全体の効率化、高度化に大きく貢献できた。

キーワード：マシンガイダンス、BIM/CIM、地質・土質モデル、フィルダム、建設発生土の有効利用

1. はじめに

建設工事に伴い副次的に発生する土砂(建設発生土)は、資源有効利用促進法および同法施行令において指定副産物に定められ、再生資源としての利用促進に取り組むことが求められている。有効利用促進のためには、工事間利用時の需要と供給の合致のほか、建設発生土の品質確保、すなわち土質区分毎に確実に分別することが重要である。地質調査や土質試験を行って地質・土質境界の位置を詳細に把握することは可能であるが、技術的に地質・土質区分毎の掘削・分別をサポートする機械やシステムはない。そのため施工時は掘削機械のオペレータの感覚や経験に頼る部分が大きく、掘削中に幾度も作業を中断して地質・土質を確認する必要があり、品質確保に加えて施工の効率化も課題である。そこで今回、掘削機械のマシンガイダンスに地質・土質情報を組み込み、地中内部の地質境界位置を 3 次元可視化することで地質・土質区分毎に掘削・分別・採取を行うことを可能にしたシステム Geo-MG[®] (ジオマシンガイダンス[®]) (以下、本システム)を開発した。

2. システムの概要

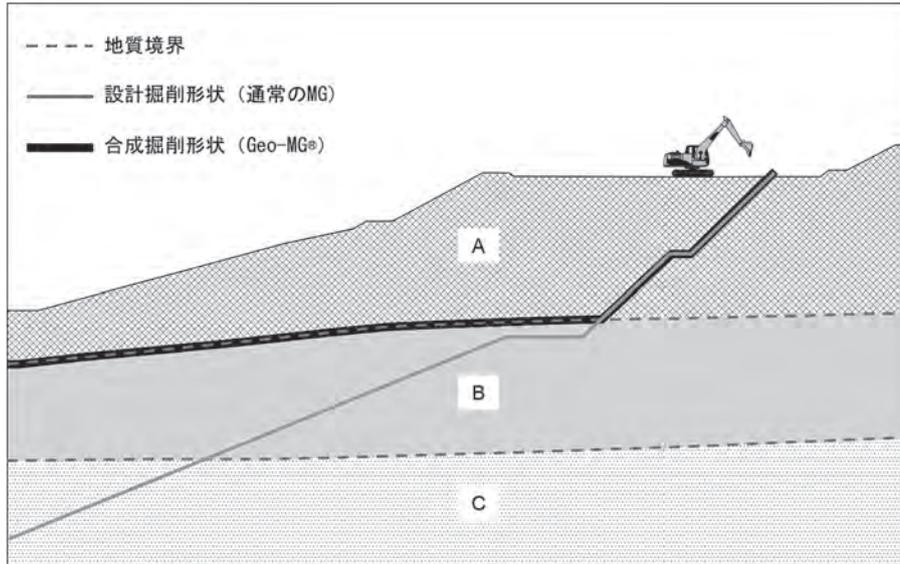
(1) マシンガイダンス

3次元マシンガイダンス技術(以下、MG)は、国土交通省が推進する i-Construction における ICT 施工技術のひとつであり、既に広く利用が進んでいる技

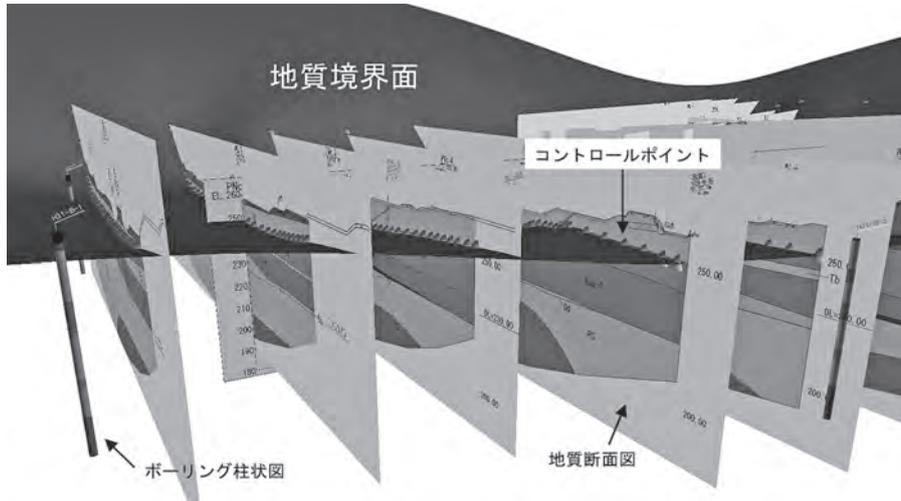
術であるため概要のみを以下に記す。MG は自動追尾式 TS や GNSS などの位置計測装置を用いて建設機械の位置情報を計測し、施工箇所の設計データと現地盤データとの差分をオペレータへ提供するシステムである。MG 導入のメリットとして、丁張設置や検測作業に要する人員・材料・時間を縮小できることで作業の効率化とコストの削減に繋がることやオペレータの技能に関わらず一定の施工品質を得やすいことなどがある¹⁾。

(2) 本システムとは

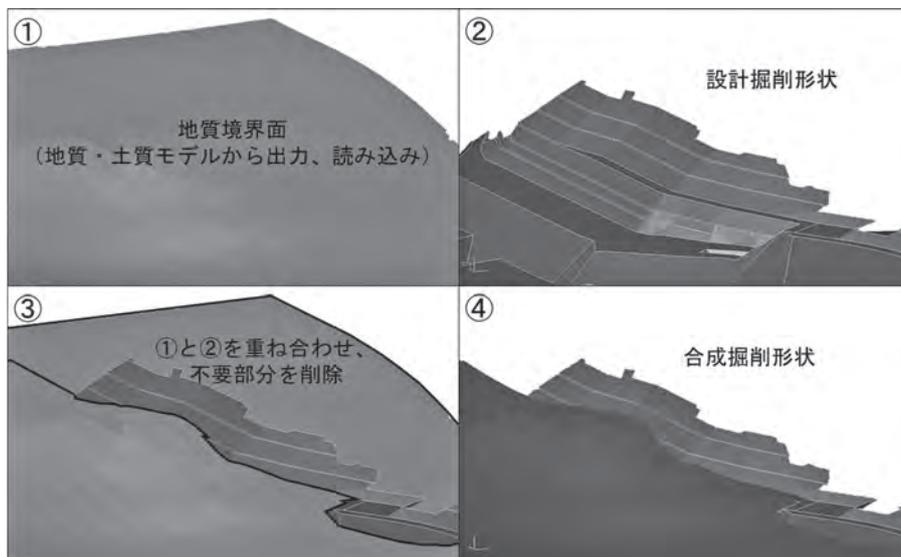
本システムは、従来の MG 技術に 3 次元地質データを組み込んだ新たなシステムである。地質境界面と設計掘削形状の合成掘削形状を作成することで、設計形状通りに掘削を進めながら地質境界に沿った掘削土の分別・採取を可能にした(図-1)。組み込む地質データの作成には、地質・土質モデルを利用する。地質・土質モデルとは、地質・土質調査の成果又は地質・土質調査の成果を基に作成した地層境界面のデータなどを 3 次元空間に配置したモデルである²⁾。地質・土質モデルの作成方法は、まず 3 次元地盤モデル作成システム上の空間にボーリング柱状図や断面図などの地質情報を配置する。そしてボーリングおよび断面図上の地質境界にコントロールポイントを配置し、それらのポイントを結ぶような滑らかなサーフェス(面)データを作成する(図-2)。次に 3 次元 CAD ソフトを使用して、地質境界面と設計掘削形状の合成を行う(図-3)。地質・土質モデルから地質境界面データを出力し(図-3①)、あらかじめ 3 次元 CAD ソフトで作



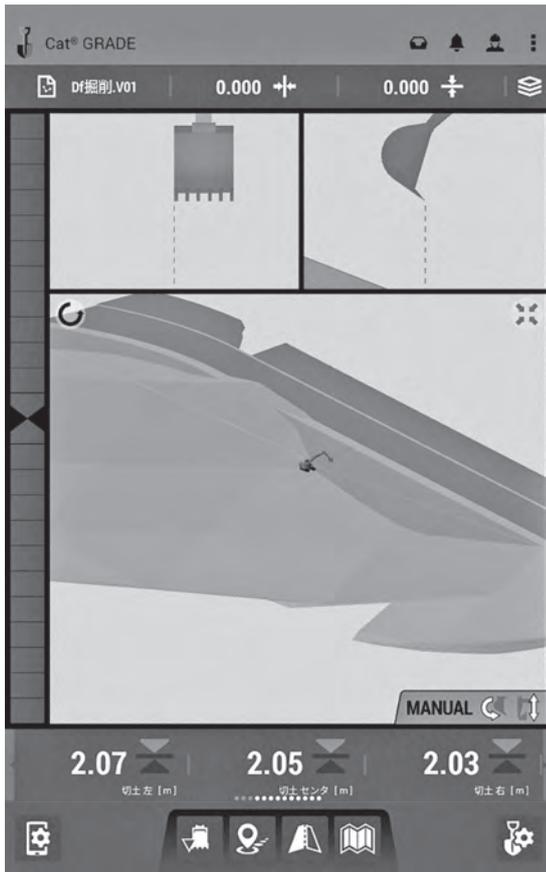
図一 本システムの概要断面図 (A層掘削時)



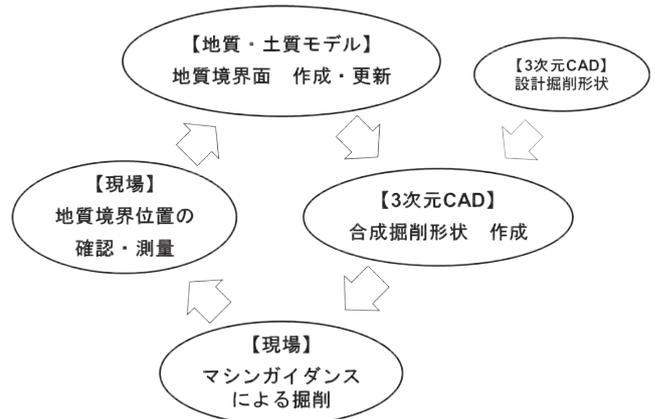
図二 ボーリング柱状図および地質断面図の3次元配置と地質境界面の作成



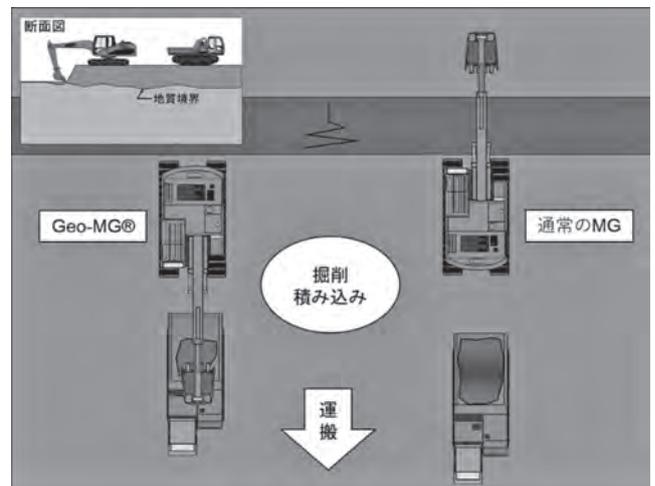
図三 合成掘削形状の作成方法



図一六 本システムにより掘削中の車載 PC モニタ



図一七 本システム運用サイクル



図一八 本システムによる効率化の検証方法

形状までの垂直距離を示している。オペレータはこのように合成掘削形状の分布を感覚的に理解し、かつ機械との位置関係を定量的に把握することができる。この合成掘削形状に沿って掘削を進めるが、上述したように地質境界面データは推定を含むため、掘削の結果、実際の地質境界位置との間に差異が確認されることがあった。その場合には実際の地質境界位置を測量して、地質・土質モデルを更新し、再度合成掘削形状を作成して掘削を進めることとし、これを本システムの運用サイクルとした（図一七）。

(3) 本システム導入の効果

本システムによる掘削を行い得られた効果として、①採取した材料の品質確保、②施工の効率化、③地質・土質モデルを活用したBIM/CIMの実施が挙げられる。

まず①採取した材料の品質確保については、採取時および採取後に仮置きされた材料の目視確認や土質試験の結果から異なる地質の混入を概ね防げたことを確認した。本システムに利用した地質境界面データには場所による精度の違いや誤差を含むものの、掘削機械のオペレータは地質境界のおよその位置や3次元的な連続性を把握できるため、地質境界が近づくと普段よ

り慎重に掘削を進めることで盛立材料の品質確保に繋がったと考えられる。

②施工の効率化の程度を定量的に検証するため以下のような実験を行った（図一八）。同規格の掘削機械と土砂運搬車両をそれぞれ2台ずつ準備し、各1台ずつを1セットとして掘削・積み込み・運搬作業を2セットで実施する。1台の掘削機械には本システムを、もう1台には通常のMG用データ（設計掘削形状のみ）を搭載し、同様な現場条件（オペレータの技能も同程度）のもとで施工を行い、1日当たりの施工数量（土砂運搬台数）を比較した。5日間の検証の結果、本システムによる1日当たりの施工数量は、通常のMGによる掘削と比較して平均15%程度増加し、作業効率が向上することがわかった。これは、異なる地質の混入を防いだことで手戻り作業がなくなったことや地質変化による材料採取の段取り替えの準備を円滑に行えたためであると考えられる。

さらに掘削作業の効率化は、施工機械の稼働時間の短縮によりCO₂排出量を削減することでカーボン

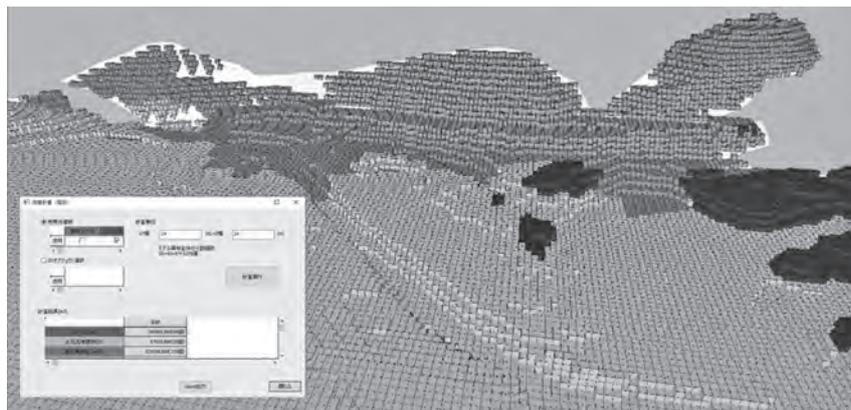


図-9 ボクセルモデルの作成と掘削数量の算出

ニュートラルにも寄与できる。

③地質・土質モデルを活用したBIM/CIMの実施は、本システムを適用する一連の過程において達成できる。本システムの適用にあたっては施工開始前に地質・土質モデル（初期モデル）を作成する。この初期モデルから掘削範囲内のボクセルモデルを作成して地質別の掘削数量を算出することが可能である（図-9）。ボクセルとは、volume（体積）とpixel（画素）を組み合わせた言葉であり、立体表現の最小単位である。ボクセルモデルの作成により、どこで、どの材料を、どのくらい採取できるか把握できるため、施工計画に利用できる。施工中は本システム運用サイクルをほぼリアルタイムに繰り返し運用することで、掘削が完了した箇所でも得られた地質情報を更新して精度が向上した地質境界面データを基に隣接箇所の掘削を行えるという効果があった。また施工と並行して実績をモデルに更新していくため、すべての掘削作業が完了すると同時に施工実績を更新した地質・土質モデル（実績モデル）を完成させることができた。この実績モデルはダムサイト周辺の地質調査や施工実績などの情報を取りまとめたものであるため、維持管理段階においても有用なモデルとなっており、例えば災害発生時や法面補修時などの場面で掘削面地質分布の確認や調査計画、対策工検討資料などとして利用価値がある³⁾。

4. おわりに

Geo-MG[®]は、地質・土質モデルを設計から維持管理段階まで事業全体にわたり連携・活用し業務の効率化・高度化を実現できるシステムである。これはBIM/CIMの目指す姿とも合致し、本システムがBIM/CIM実施の重要な役割を果たしていると言える。今後も土工事の現場やダム原石山における材料採

取などの場面で積極的に本システムをはじめ地質・土質モデルの活用によるBIM/CIMを実施して、建設発生土の有効利用と生産性の向上を目指す。また地質境界位置の確認、モデルの更新等を含めた本システム運用サイクル全体を自動化することでより効率的なシステムの構築を図るつもりであり、施工のオートメーション化を目指すi-Construction 2.0に寄与する重要な技術となることが期待される。

JICMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省近畿地方整備局、マシンコントロール/マシンガイダンス技術（バックホウ編）の手引書【施工者用】、2018年2月
- 2) 国土交通省、BIM/CIM活用ガイドライン（案）第1編 共通編、2022年3月
- 3) 中島亮、中須賀大樹、石濱茂崇、天下井哲生、フィルダムにおける3次元地質・土質モデルを活用したBIM/CIMの実施、日本応用地質学会研究発表会講演論文集、pp.99-100、2022年10月

【筆者紹介】



中島 亮（なかじま りょう）
 ㈱熊谷組
 土木事業本部 土木技術統括部 地質技術部
 係長



片山 政弘（かたやま まさひろ）
 ㈱熊谷組
 土木事業本部 土木技術統括部 地質技術部
 部長



石濱 茂崇（いしはま しげたか）
 ㈱熊谷組
 土木事業本部 土木技術統括部 地質技術部
 副部長

環境負荷低減に寄与する地盤改良技術

高吸水性ポリマーを用いた高圧噴射攪拌工法「ハイブラストジェット[®]」を開発

下坂 賢二・利根 誠・大野 康年

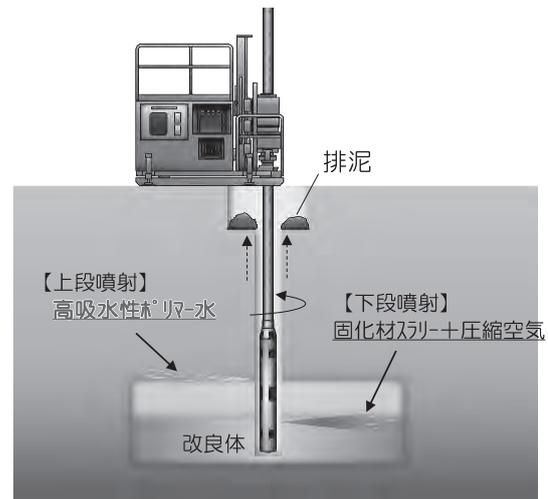
地盤改良工法の1つである高圧噴射攪拌工法は、高圧ジェット噴流によって小型の施工機械で任意の深度に大口径かつ高強度の改良体が造成できる一方、施工時にはセメントを含んだ高含水比の建設汚泥が大量に地上に排出される。著者らは、建設汚泥の減量化を目的に、同工法の地盤の切削水に従来の水噴射に代えて高吸水性ポリマー水を使用することで地盤の切削能力を向上した新たな高圧噴射攪拌工法を開発した。本稿では、高吸水性ポリマー水の要素試験による効果検証とフィールド実証試験について報告する。

キーワード：地盤改良，高圧噴射攪拌工法，建設汚泥，環境負荷低減

1. はじめに

高圧噴射攪拌工法は、小型の施工機械で地中に小さな孔を設けることで、周辺地盤への影響を抑制しながら高圧ジェット噴流によって地盤を切削し、セメント系固化材を地盤に攪拌混合して、強度や遮水性の高い様々な形状や大きさの連続した改良体を構築できる地盤改良工法として広く活用されている。しかしながら、施工時に副次的に排出される多量の排泥は、注入材料に起因するセメント系固化材を含んだ高含水比の建設汚泥で、改良対象となる土質性状によって違いはあるものの、一般的に切削水および固化材スラリーの地盤注入量相当の建設汚泥が発生する。大量に消費されるセメント系固化材、建設汚泥の大量処分は、原材料の生産過程や廃棄物処理過程（運搬、埋立）でCO₂を発生し、建設分野の環境負荷の低減の観点からも、注入量の少ない高効率な改良技術の開発が望まれている。

著者らは、建設汚泥の減量化を目的に、従来の水噴射による切削方法に代えて、水を吸収させた高吸水性ポリマー材の噴射による地盤の切削能力の向上に着目した新たな高圧噴射攪拌工法を開発した¹⁾ (図—1)。切削水に掘削安定液として実績のある粘性を有する高吸水性ポリマー水²⁾を用いることで、緩んだ地盤の安定性の確保と水噴流の拡散抑制効果により切削効率を向上し、セメントスラリー造成時には、高吸水性ポリマーは水を排出し粘性低下するため、排泥の地上への排出を阻害することなく、残存しないことから造成体の品質への影響も少ない。本稿では、高吸水性ポリマー水の各種試験による効果検証とフィールド実証試

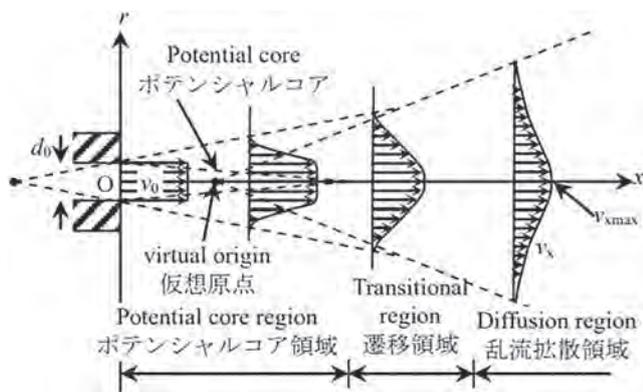


図—1 ハイブラストジェット概要図

験を通じて得られた本工法の有用性を報告する。

2. 既往の研究

高圧噴射による水噴流の構造モデルとして、図—2のような流速分布概念図が既往の研究³⁾で明らかにされている。水噴流は、ノズル出口での噴射速度が持続されるポテンシャルコア領域、速度乱れの発達段階である遷移領域、十分に乱れが発達した乱流拡散領域からなる。高圧噴射の切削能力向上には、噴射拡散を抑制しポテンシャルコア領域をできるだけ長くとることが重要であり、これまで圧縮空気を噴射物の周りに同伴させ気液境界面を形成し拡散を抑制する手法や、ノズル形状や流路管等の噴射機構を改良した工法が開発されている。その中で増粘剤等の高分子材料は、粘

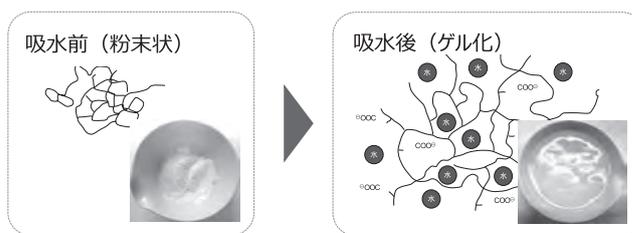


図一2 噴射流体の流速分布概念図³⁾

性効果により水噴流の乱れを減少させるものとして古くからその有効性が確認されており、特にノズル上流の乱れの減衰や水噴流の拡散抑制、鉄板壊食やコンクリートにおける壊食量増大に対しては、顕著な効果があることが既往研究⁴⁾より報告されている。しかしながら高圧噴射攪拌工法の実工事では、高分子材料を添加した水溶液は、粘性付与により地盤切削時の孔壁保護に寄与するものの、切削した土砂スラリーの粘性が高く流動性が十分に得られないため、地上への排泥排出を阻害し固化材スラリーとの置換性が低下する課題があった。これらの課題に対し、著者らは、粘性流体で地盤掘削の孔壁安定液として実績があり、外的状況変化によって吸水状況が変動する特性や固化材スラリーとの置換性がある高吸水性ポリマー材を用いた水溶液に着目しその有効性を検証した。

3. 高吸水性ポリマー水

高吸水性ポリマー材は、自重の数百倍の水を吸水してゲル化し、その水を保持する機能を有している。1960年代に、園芸用の土壌保水剤などの用途として開発され、現在では紙おむつやナプキンなどの衛生用品のみならず、農業・園芸、食品・流通、土木・建築、化粧品、メディカル、電気・電子産業分野でも使用されている。その用途に応じて多くの組成や製法が多岐にわたって開発されているが、本工法で用いる高吸水性ポリマー材は、アクリル酸を主体とした材料で、原料および生産工程に重金属のような環境汚染物質は使用しておらず、環境への影響が極めて小さい材料である。化学的には、部分的にナトリウム塩を形成したカルボキシル基を多数有する高分子が3次元的に架橋された分子構造で、水が存在すると、カルボキシル基がイオン化し、遊離したナトリウムイオン濃度に



図一3 高吸水性ポリマーの吸水概念図

よって生じる浸透圧で分子鎖間に水が入り込み、図一3に示すように分子鎖の魚網の網目に水が取り込まれた状態となる。ただし、 Ca^{2+} 等の多価金属イオンや分子鎖内部よりもイオン濃度が大きい液体と接触すると、内部から水が放出され水に近い流動性となる特性がある。

高吸水性ポリマー水は、水と吸水膨張させた高吸水性ポリマー材が懸濁した水溶液で、必要な粘性を配合量によって調節できる特徴を持っている。この高吸水性ポリマー水の特性を活用し、切削時は粘性流体の拡散抑制効果による地盤切削能力の向上と切削により緩んだ地盤の安定化を図り、造成時は Ca^{2+} を含むイオン濃度の高い固化材スラリーとの接触により、吸水した水を排出・粘性低下し、地上への排泥排出を阻害することなく改良体の造成が可能となる。

4. 高吸水性ポリマー水の効果検証

高圧噴射攪拌工法は、地盤中に噴射される流体の種類の数によって噴射方式が異なり(表一1)、噴射方式の中でも施工効率が高い三相流方式は、上段ノズルからは切削材としての水と圧縮空気が高圧(35 MPa前後)で噴射され、下段ノズルからは固化材スラリーと圧縮空気が高圧(2~40 MPa)で噴射される。ノズルから大気中に噴射された流体は、その進行に従い、速度の減少を伴いながら拡散していくが、地盤に対する切削力を高めるためには、流速の向上と噴射流体の距離減衰の抑制が重要となる。従来の水噴射と高吸水性ポリマー水の違いを検証するため、流体噴射装置(以降、噴射モニタと称す)を用いて気中噴射(圧力35 MPa)し、高速度カメラによる噴流状況の可視化とPIV(粒子画像流速測定法)による流速計測およ

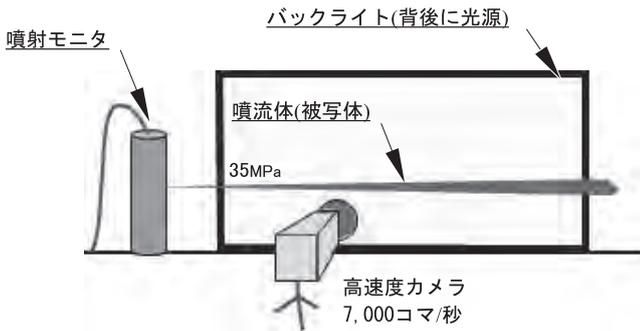
表一1 噴射方式と噴射流体

噴射方式	流体
単相流 (単管式)	固化材スラリー
二相流 (二重管式)	固化材スラリー+圧縮空気
三相流 (三重管式)	切削材(水)+圧縮空気+固化材スラリー

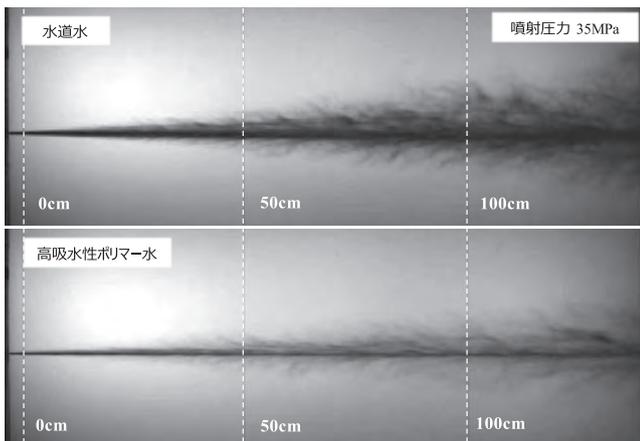
び受圧板を用いた切削効果検証試験を実施した。

(1) 高速度カメラによる噴射撮影

高速度カメラによるバックライト撮影は、カメラのセンサーに対して直接光が入るように照明を設置し、逆光現象を利用して、カメラと照明の間に置いた被写体を撮影するものである。噴射モニタから水道水と高吸水性ポリマー水を圧力 35 MPa の同条件で噴射し、噴射状況を比較した。高速度カメラ撮影概要図を図一



図一 高速度カメラ撮影概要図

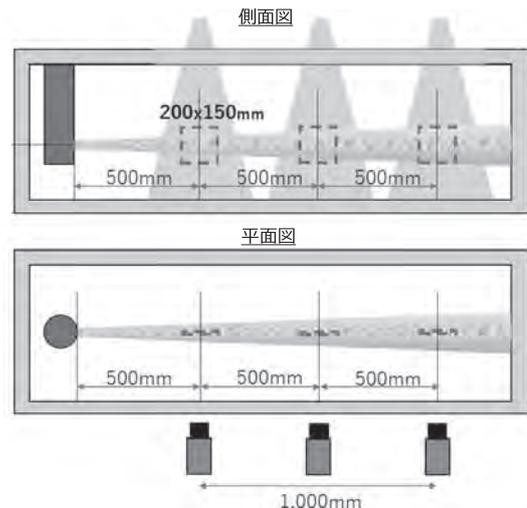


図一 高速度カメラによる噴射比較

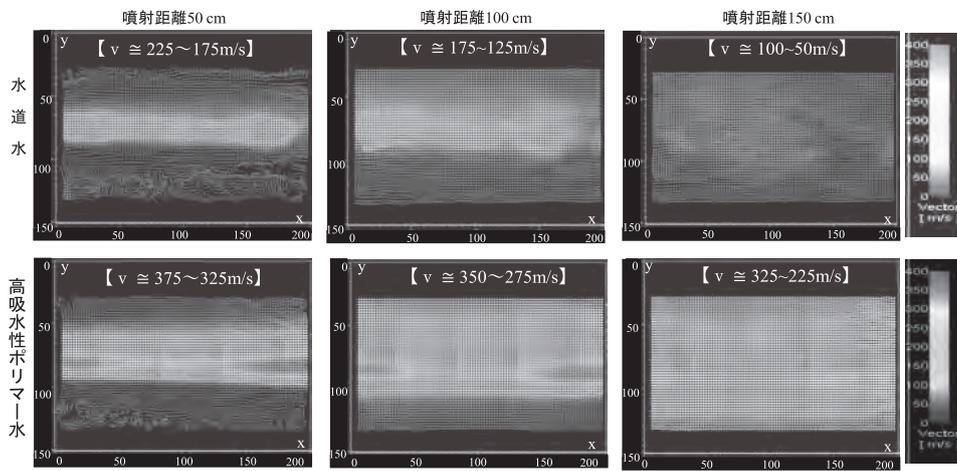
4 に、高速度カメラによる噴射比較を図一 5 に示す。両噴射体の噴流状況を比較すると、高吸水性ポリマー水は、水道水と比べてノズル口元から噴射先までの空気抵抗による拡散が少なく、噴射速度が持続されるポテンシャルコア領域が長いことが確認できる。

(2) PIV (粒子画像流速測定法) による速度計測

PIV (Particle Image Velocimetry) は、流体中の粒子画像により流れ場における多点の瞬時速度を非接触で得ることができる流体計測手法である。その原理は、流体に追従する粒子にレーザシートを照射することで可視化し、これをカメラで撮影しフレーム間の微小時間 Δt における粒子の変位ベクトル Δx を画像処理により求め、流体の局所速度ベクトル $v \cong \Delta x / \Delta t$ を算出する。前記の高速度カメラ撮影と同条件で、水噴射と高吸水性ポリマー水噴射の PIV 計測を実施した。計測概要図を図一 6 に、計測結果を図一 7 に示す。



図一 6 PIV 計測の概要図



x軸は噴射軸方向距離(mm), y軸は噴射軸直角方向距離(mm)

図一 7 PIV 計測結果 (上段: 水道水, 下段: 高吸水性ポリマー水)

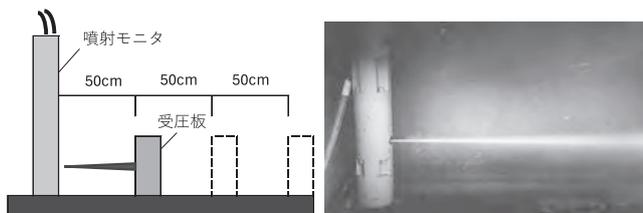


図-8 試験装置・噴射状況

表-2 試験条件

項目	仕様
ノズル口径	2.1 mm
噴射圧力	35 MPa
噴射流量	50 l /min
噴射時間	2分
噴射距離	50, 100, 150 cm

水噴射の平均流速は、約 50 ~ 225 m/s の範囲である一方、高吸水性ポリマー水の平均流速は約 225 ~ 375 m/s の範囲にあり、初速も高く噴射距離 150 cm の位置においても 300 m/s に近い速度を維持している。また、噴射距離 50 cm と 150 cm の二地点間の流速の減衰比を比較すると、高吸水性ポリマーは 0.60 (=225/375)、水道水は 0.22 (=50/225) となり、高吸水性ポリマー水を用いたジェット噴流は、水道水を用いた場合よりも流速の距離減衰が小さいことを示している。

(3) 切削効果検証試験

噴射物（水、高吸水性ポリマー水）の違いによる切削効果を検証するため、気中噴射による切削効果検証試験を実施した。試験は、気中において噴射モニタを鉛直に設置し、ジェット噴流をコンクリート製受圧板（圧縮強度 20 N/mm²、寸法 19 cm×19 cm×10 cm）に向けて水平噴射し、受圧板壁面に衝突させることで、壊食されるコンクリート受圧面の切削深さと体積減少量を測定した。試験装置・噴射状況を図-8 に、試験条件を表-2 に示す。

試験結果は、噴射距離と最大切削深さの関係を図-9 に、噴射距離と壊食による体積減少量の関係を図-10 に、受圧板切削状況を写真-1 に示す。高吸水性ポリマー水は、水噴射と比較して最大切削深さは水噴射の 1.5 ~ 2 倍以上の増加、体積減少量で 1.3 ~ 1.8 倍の増加がみられた。また、噴射距離 50 cm 地点より 150 cm 地点における最大切削深さの減衰は、水噴射では 0.7(=17/24) の減衰比に対して、高吸水性ポリマー

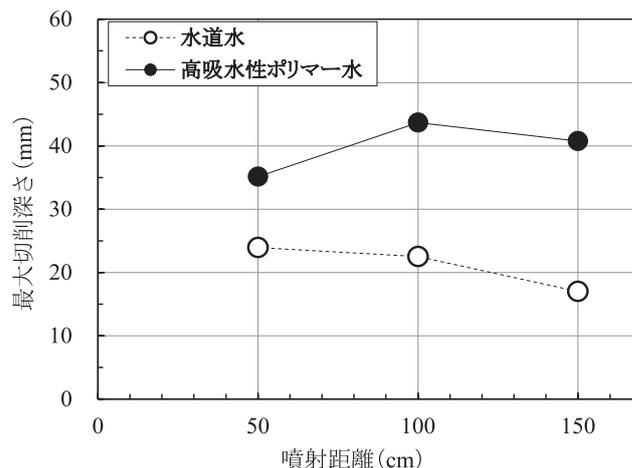


図-9 最大切削深さと噴射距離の関係

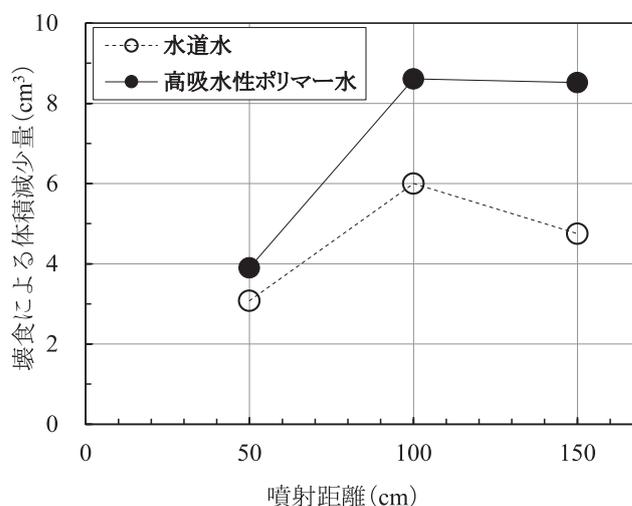


図-10 壊食による体積減少量と噴射距離の関係

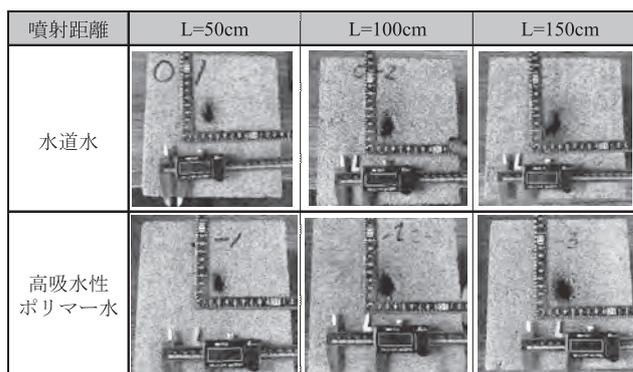


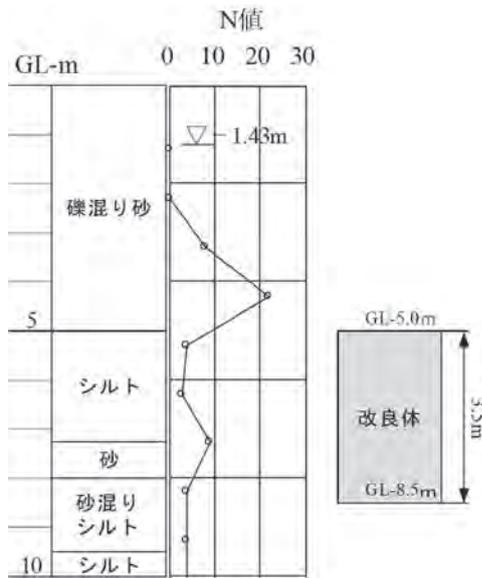
写真-1 受圧板切削状況

水は減衰が生じておらず、体積減少量も噴射距離による減衰は生じていない。

5. フィールド実証試験

(1) 試験フィールドの概要

試験フィールドは、地下水位の高い旧畑地で、対象



図一 11 土質柱状図と改良位置

地盤は、N 値 10 以下の軟弱な砂・粘土の互層地盤である。改良範囲は、改良体上端の土被り 5 m、改良造成長 3.5 m で、改良対象地盤は、N 値が 3 を下回るシルト層が 2.5 m、N 値が 9 を下回る砂層が 1.0 m である。土質柱状図と改良位置を 図一 11 に示す。

(2) 試験ケース

試験は、地盤改良用の専用固化材を用いて、切削材とロッド引上げ時間 (分/m) の違いによる改良体の出来形品質と排泥量を比較検証した。ここに、引上げ時間(分/m)とは、一定の回転数で噴射するモニタを、地中の下方から上方へ段階的に引上げるにあたり、改良長 1.0 m 当たり要する時間を示すものである。施工は、上下二段の噴射口を有する噴射装置 (モニタ) を用いて、上段より切削材、下段より固化材スラリーおよび圧縮空気を噴射し、モニタ中心から 180 度、GL-5.0 ~ -8.5 m の 3.5 m 層厚の改良体を造成した。

試験ケースの諸元を表一 3 に示す。ケース 1 は従来の切削水に水道水を用いたもの(引上げ時間 10 分/m)で、ケース 2 ~ 4 は切削水に高吸水性ポリマー水を用いて、噴射モニタの引上げ時間を、10、12、8 分/m に変化させたケースである。

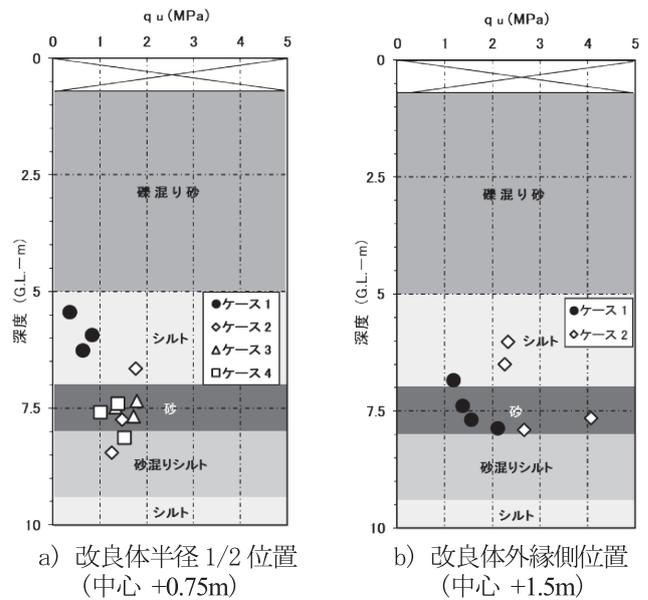
(3) 試験結果

(a) 改良体の出来形品質

改良体の出来形品質を確認するため、造成後に各ケースの改良体コアをボーリング採取し、一軸圧縮強度試験を実施した。コアの採取位置は、各ケースの改良体径の中心から 0.75 m、1.5 m の 2 箇所である。一軸圧縮強さの深度方向分布図を 図一 12 に示す。地盤

表一 3 試験ケースの諸元

項目	ケース 1 (従来)	ケース 2	ケース 3	ケース 4
引上げ時間 (分/m)	10	10	12	8
回転数 (rpm)	1.6			
引上げ間隔 (cm)	2.5 (ステップ式)			
上段				
切削材	材料	水	高吸水性ポリマー水	
	噴射圧力 (MPa)	35		
	噴射流量 (L/分)	100		
吐出口内径 (mm)	2.1			
	吐出内径 (mm)	2.1		
空気	圧力 (MPa)	1.0	-	
	流量 (m ³ /分)	3 ~ 6	-	
下段				
固化材	材料	水 + 専用固化材		
	W/C (%)	90		
	噴射圧力 (MPa)	35		
	噴射流量 (L/分)	190		
	吐出内径 (mm)	3.15		
揺動角度 (度)	180			
空気	圧力 (MPa)	1.0		
	流量 (m ³ /分)	3 ~ 6		



図一 12 一軸圧縮強さ q_u の深度分布図

種別の一軸圧縮強さに着目すると、水道水 (ケース 1) と比べて高吸水性ポリマー水 (ケース 2, 3, 4) の方が各土層とも優位にあり、地盤切削性が低いシルト層では、水道水 (ケース 1) は設計改良強度 0.5 MPa に満たない箇所もみられた。

各ケースの改良体の平均一軸圧縮強さ、コア採取率、平均密度の関係図を 図一 13 に示す。ケース 1 (従来) に比べて、高吸水性ポリマー水を用いたケース 2, 3, 4 は平均一軸圧縮強さ・コア採取率・改良体密度ともに大きくなる傾向を示し、高吸水性ポリマー水を用いた地盤切削能力の向上は、固化材の分散性を良好

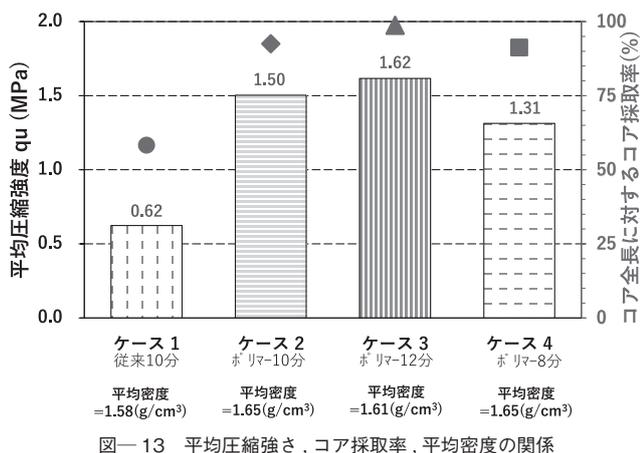


図-13 平均圧縮強さ，コア採取率，平均密度の関係

表-4 排泥量の計測結果

項目	ケース				備考
	ケース1 (従来)	ケース2	ケース3	ケース4	
引上げ時間 γ (min/m)	10	10	12	8	
改良体直径 (m)	3.0	3.5	3.5以上	3.0	
造成長 L (m)	シルト	2.25			
	砂質土	1.25			
増加率 α	粘土	0.15			
	砂質土	0.10			
切削水吐出量 q_w (L/分)	50×2=100				
固化剤スラリー吐出量 q_c (L/分)	95×2=190				
計画排泥量* (m³)	高炉セメント a	15.89	-	-	添加量 306 kg/m³ 相当
	専用固化材 b	11.35	11.35	13.61	9.08
実測排泥量 (m³)	専用固化材 c	10.79	10.68	13.00	8.87
排泥量減少率 (%)	注入材効果	29 (↓)	-	-	計画値比較 (a-b)/a
	切削水効果	-	1 (↓)	20 (↑)	ケース1実測比較

* 計画排泥量 $Q = \Sigma L \times \gamma \times (q_w + q_c) \times (1 + \alpha)$

にし、改良体の連続性や強度等の改良体品質を高めることが確認された。

(b) 排泥量

排泥量の計測結果を表-4に示す。従来ケース1(10分/m 水道水)と同一径(φ3.0m)の改良体を造成したケース4(8分/m ポリマー水)に着目し排泥量を比較した。ケース1と4の施工条件の違いは、切削水の種類、引上げ時間であり、同一(径、長さ)の改良体を造成する場合、切削水に高吸水性ポリマー水溶液を使用すれば、従来に対し排泥量を18%削減できる効果が得られた。また、ケース1において、従来の固化材を一般的に使用される高炉セメント(配合試験による固化材添加量 306 kg/m³ 相当)とした場合、専用固化材(配合試験による固化材添加量 217 kg/m³)を用いたことによる排泥量減量率は29%(11.35/15.89=0.71)となり、注入材減量の効果(造成時間短縮10分→8分)と高吸水性ポリマー水による切削力向上の効果により、全体で44%(8.87/15.89=0.56)

の排泥削減効果が得られた。

6. おわりに

本研究では、高圧噴射攪拌工法の建設汚泥の減量化を目的として、高吸水性ポリマー水に着目した室内試験ならびにフィールド実証試験を実施した。その結果、本工法は高吸水性ポリマー水の拡散抑制効果による切削能力向上と吸水排出特性により、施工時の排泥排出を阻害することなく改良体品質を高めるとともに、地盤への投入総量(水、固化材スラリー)を減らし建設汚泥の減量化を実現できる技術であることが実証された。今後、国土強靱化を背景に基礎地盤強化の需要は益々増加するものと考えられ、低炭素化が求められる建設分野のCO₂発生抑制に寄与できる環境負荷低減型の地盤改良技術として、現場展開を図っていく所存である。

JCMA

《参考文献》

- 1) 利根誠他：高吸水性ポリマーを用いた高圧噴射攪拌工法の開発－地盤切削力の向上による排泥減量化－，地盤工学ジャーナル，Vol.18, No.3, pp.267-283, 2023
- 2) 浅野均他：高吸水性ポリマー材を利用した地盤掘削安定液の基本性状と場所打ち杭工法への適用，土木学会論文集 F1, Vol.73, No.2, 71-87, 2017
- 3) 八尋暉夫：最新ウォータージェット工法，鹿島出版会，1996.
- 4) 吉田宏：ウォータージェットの流動特性とその切削性能の高度化に関する研究，大阪大学大学院博士論文，2011.

【筆者紹介】



下坂 賢二 (しもさか けんじ)
戸田建設㈱
技術研究所 社会基盤構築部
課長



利根 誠 (とね まこと)
戸田建設㈱
土木技術統轄部 土木技術部
次長



大野 康年 (おおの やすとし)
太洋基礎工業㈱
技術本部
技術部長

地盤改良の施工管理高度化へ ジェットグラウト工法にマシンガイダンス 高圧噴射攪拌工法 ICT 施工管理装置「JET-Track.Nav」

佐藤 潤

ジェットグラウト工法（高圧噴射攪拌工法）は地盤改良工法の一つであり、他の地盤改良工法と同様に改良は地中で行われているため、その改良状況をリアルタイムに目視にて確認することは出来ない。そのため、所定の品質を確保するうえで、施工中の管理が重要である。ジェットグラウト工法における施工管理項目は多岐にわたり、その全てを常時目視にて監視することは困難である。また、改良体の施工位置は人力による測量にて計測しており、測量ミスや施工機械の設置ずれ等が発生する可能性が無いとは言えない。それらを補うべく ICT 施工管理装置を開発した。

キーワード：地盤改良工法、ジェットグラウト工法、施工管理、マシンガイダンス、省力化

1. はじめに

日本でのジェットグラウト工法は1960年代より始まり、効率的かつ信頼性の高い改良を目指して今日まで様々な発展を重ねてきた。近年では、使用機械の進歩により噴射量の増大および噴射圧力の超高圧化が可能となった結果、造成される改良径は従来のφ2.0mに対してφ3.5mやφ5.0mと大口径化が図られている。

それに伴い、従来と管理項目自体は変わらなくても、その管理値の許容範囲は従来工法に比べて厳しくなっているのが実状である。ジェットグラウト工法における施工管理項目例を表1に示す。これらの管理方法は、それぞれの使用機械に付随する計器を読み取る必要があり、例えば造成時であればコンプレッサー、風量計、超高圧ポンプ、流量計、比重計を使用した硬化材の比重測定、造成機の計器計等多岐にわたり、全ての計器を常時管理することは困難である。

また、ジェットグラウト工法の配孔は、目的に応じて決められている。施工時に位置のずれが発生した場

合未改良部が出来、目的を達することは出来ない結果となる。そのため、造成時の管理も重要だが、現地での施工位置の確認についても細心の注意が必要である。

2. ICT 施工管理装置概要

ジェットグラウト工法の施工手順は、以下の①～④である。施工手順を図1に示す。

- ①準備（マシンセット）、削孔
- ②ロッド挿入、ケーシング引抜
- ③造成
- ④造成完了

(1) 位置誘導

従来は、施工前に測量機器を用いて計画された改良の杭芯を出し、その位置へ施工機械を移動し設置して

表1 ジェットグラウト工法施工管理項目例

管理項目	管理内容
マシン設置	位置、角度
削孔	削孔深度
圧縮空気	圧力、流量
硬化材	配合、圧力、流量
造成	回転速度、引上速度
排泥処理	排泥状況、数量

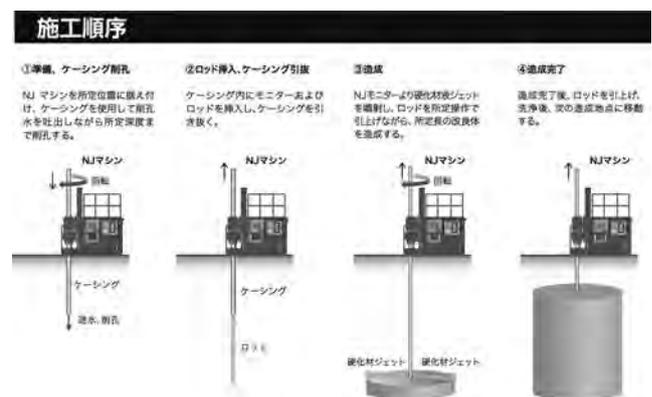


図1 施工手順

いる。

一方、ICT 施工管理装置ではあらかじめ施工位置を装置に座標で入力しておくことにより、施工機械後部に設置した GNSS アンテナによって施工機械の原位置を把握し施工位置に誘導する。これにより、測量に費やす労力を低減出来るだけでなく、測量および設置時のミス無くすることが可能となった。また、施工時の位置座標は記録されるため、どこでどのような改良体を造成したかをデジタルデータとして残すことが可能である。図-2 に誘導時の画面を、写真-1 に使用する ICT 施工機械の全景を示す。なお、GNSS アンテナによる測量誤差はサブセンチメートルであり、精度は非常に高いと言える。

(2) 削孔時の施工管理

削孔時における管理項目に削孔深度がある。従来は、使用するケーシングパイプの全長から、地表に残っている残尺を計測することによって、削孔深度を測定

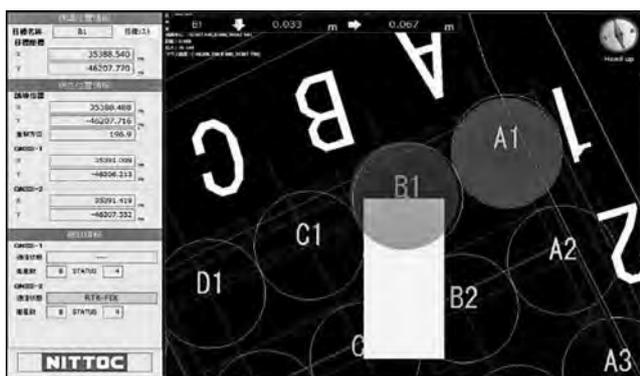


図-2 位置誘導画面



写真-1 ICT 施工機械

する方法を取っている。

ICT 施工管理装置を装備した ICT 施工機械では、削孔時の上下移動距離を記録出来るため、それによって何メートル削孔を行ったかを記録することが可能となっている。

(3) 造成時の施工管理

造成時の施工管理項目は、表-1 に示した項目のうち圧縮空気、硬化材、造成、排泥処理である。そのうち ICT 施工管理装置を使用することにより圧縮空気、硬化材、造成時の仕様については、自動で記録される。また、管理値をあらかじめ設定しておくことにより、造成時に管理基準の許容範囲を超えた場合、警告音を鳴らすことによって造成時の施工不良を抑制することが可能となっている。

施工の管理項目は ICT 施工管理装置にデジタルデータとして集積されており、その結果は帳票として出力され確認することが出来る。常時採取されるデータは、硬化材噴射圧力、硬化材噴射量、空気吐出量、空気吐出圧、ロッド回転数、改良深度であり、その他にも硬化材の計画積算流量に対する実施積算流量、削孔長、造成長、施工座標がまとめて表記されるものとなっている。



図-3 管理装置画面

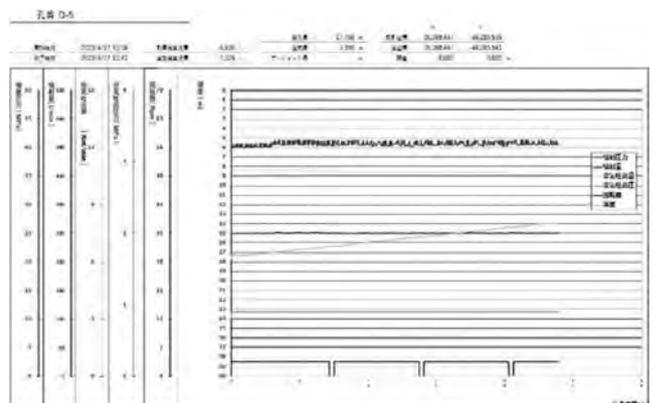


図-4 出力帳票

管理装置画面を図-3に、出力した帳票の例を図-4に示す。

(4) 改良体の可視化

ジェットグラウト工法を含めた地盤改良工法は、地中に改良体を造成する工法であり、その改良体は掘削時以外に見ることは出来ない。

ICT 施工管理装置では、施工時に取得した位置データや各管理項目の値を用いて、パソコン画面に仮想的に2D(図-5)や3D(図-6)にて表示し確認することが可能となっている。これによって、計画改良範囲に対する改良体配置の様子が確認出来る。表示する項目は、改良深度毎の硬化材の流量・圧力、エアの流量圧力およびロッド回転数(切削回数)より選択が可能である。

これにより、改良体の位置だけでなく、造成した改良体の健全性を見たくて確認することが可能となった。

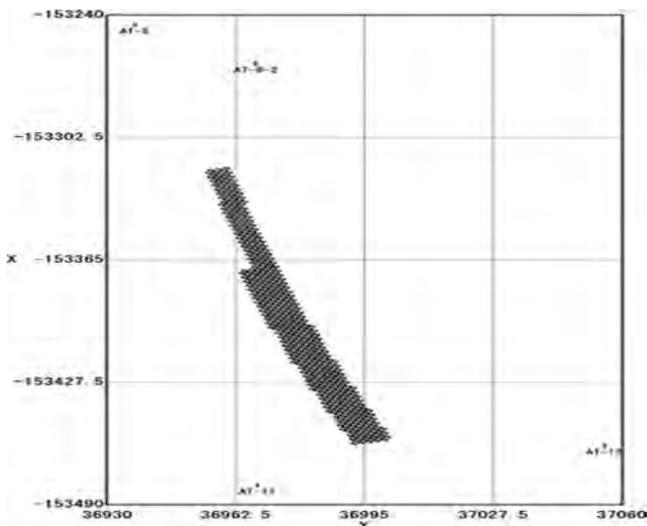


図-5 2D表示画面



図-6 3D表示画面

3. 現場適用事例

ICT 施工管理装置の現場適用事例を以下に示す。

(1) 工事概要

工事件名：池町川地下調節池(けやき通り)築造工事(1工区)

発注者：福岡県久留米県土整備事務所

工事場所：福岡県久留米市中央町

施工期間：2023年4月17日～8月1日

施工数量：改良径 ϕ 2.5m, 改良長3.5m, 312本

本工事は、移動架台(ステージ)を施工足場として使用している。従来の施工の流れとしては、①架台移動→②測量にてステージ上に杭芯出し→③改良工→④架台移動の繰り返しといった手順となる。この場合、測量に半日から1日程度時間を要するためその際施工機械およびプラント資機材が稼働しない時間が発生する。本工事では、位置誘導をICT施工管理装置にて行うことにより、杭芯測量が省かれるため省力化を図るとともに工事期間を短縮することが達成出来ている。

施工全景を写真-2に、全体平面を図-7に示す。

(2) 位置誘導

施工機械の設置はICT施工管理装置の位置誘導システム(GNSS)を用いて行った。従来であれば、足場上にマーキングされた杭芯に対して、施工機械を設置する際に一度足場板を撤去する必要がある、その際に施工位置のずれが数センチではあるが発生する可能性がある。位置誘導システムを使用することにより、施工機械の正規の位置への設置が容易になるとともに施工位置のずれが発生するといった問題は解消されていることが確認された。



写真-2 施工全景

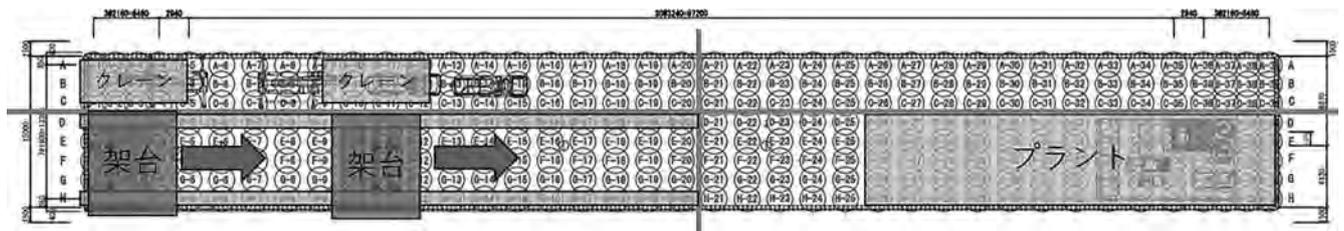


図-7 全体平面

実際に行った施工位置座標は保存され、施工記録としてデジタルデータで残される。計画位置に対しての杭芯のずれは x 方向, y 方向にそれぞれ D/8 (0.313 m) 以下を規格値としており、実施工の結果は x 方向で最大 0.048 m, y 方向で最大 0.060 m, 斜距離で最大 0.064 m と全て規格値内で収まった。

(3) 施工データ

施工データは、当初周辺の構造物の影響により無線通信不良が発生し、一部の位置データが取得されていないことがあった。それについては、有線にて対応することにより解消された。その他のデータに関しては全て集積されていることを確認しており、施工は特に問題なく完了している。

4. おわりに

ジェットグラウト工法（高圧噴射攪拌工法）を含む地盤改良工法は、建設工事を行う上で今後も必要とされる工種であり、品質や安全性の向上を目的として、さらなる発展を目指す必要があると考えられる。

現在 ICT の活用は舗装工や土工では既に実用化され、遠隔操作や自動運転と様々な試みがなされている。地盤改良工法は、それらに比べて特殊な分野ではあるが、だからこそ ICT への継続的な取り組みが重要であると考えられる。省力化・省人化を目指して今後も改良・改善に取り組んでいく所存である。

JICMA

[筆者紹介]

佐藤 潤 (さとう じゅん)
日特建設㈱
技術開発本部 技術センター
地盤技術開発部



台形 CSG ダム工事における CSG 材の全量管理技術

CSG 材表面水量全量管理システムを活用して試験員を 9 割削減

浅井 泰一郎・田中 恵祐・岡本 道孝

台形 CSG ダムの建設では、数十 kg の CSG 材を対象として簡易法と呼ばれる粒度試験と含水率試験を 1～2 時間ごとに行い、これらの結果を基にその表面水量を算出して CSG 製造時の給水量を調整している。CSG 工法は高速かつ大量に連続で施工することが前提であり、昼夜連続で実施されることが多く、これらの品質管理試験に相当数の人員や時間、労力を要する点が課題である。そこで、ICT ツールと計測デバイスを活用して、粒度と含水率の全量を監視する CSG 材表面水量管理システムを開発し、東北地方整備局発注の成瀬ダム堤体打設工事（秋田県東成瀬村）に適用した。本報では、本システムの概要、目的、適用効果について報告する。

キーワード：ダム、CSG、品質管理、省力化、表面水量、全量管理

1. はじめに

近年、我が国ではダム建設におけるコスト低減や環境保全に配慮した新しいダム形式として、材料の合理化、設計の合理化、施工の合理化を実現する台形 CSG ダムの施工実績が増えつつある。この CSG (Cemented Sand and Gravel) は、ダム建設地点近傍で採取可能な母材を最大粒径 80 mm に調整した砂礫材料（以下、CSG 材）にセメント、水を混合して製造される。CSG 材は現場で採取した材料から粒径 80 mm 以上の巨礫を除いて得られる材料であり、水洗いや分級は行わないことから CSG 材の粒度や表面水量に変動が生じる。締め固めた CSG の強度は、主に CSG 材の粒度、単位セメント量、単位水量に依存するため、設計強度を確保するには、CSG 材の粒度と表面水量の変動を考慮する必要がある¹⁾。そのため、1～2 時間ごとに粒度試験と含水率試験（以下、従来法）を行い、これらの結果を基に CSG 材の表面水量を算出して CSG 製造時の給水量を調整している。また、CSG 工法は高速かつ大量に連続で施工することが前提であり、昼夜連続で実施されることが多く、これらの品質管理試験に相当数の人員や時間、労力を要する点が課題である。

そこで、筆者らは従来法試験の省力化を目的として、AI 画像粒度モニタリング[®]（以下、本モニタリング）による粒度管理技術²⁾と近赤外線水分計による含水率管理技術³⁾を組み合わせた CSG 材の表面水量

全量管理システム（以下、本システム）を開発した。本システムは、2023 年度に東北地方整備局発注の成瀬ダム堤体打設工事（秋田県東成瀬村）にて試験運用を行い、2024 年度から従来の品質管理試験の代替技術として運用が開始された。本報では、本システムの概要と 2023 年度に得られた従来法と本システムの比較結果、2024 年度の運用実績について報告する。

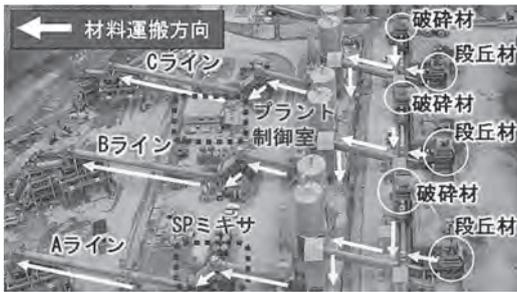
2. 本システムの概要

(1) システムの概要

本システムは、本モニタリングによる粒度分布と近赤外線水分計による含水率のデータを使用して表面水量を算出し、CSG 配合表を自動出力するシステムである。成瀬ダムでは、CSG 製造プラント内のベルトコンベア上に設置した本モニタリングと近赤外線水分計により、CSG 材の粒度と含水率が約 3 秒に 1 回の頻度で測定され、プラント制御室内の PC にデータが送られ、CSG 材の表面水量が自動で計算される。CSG 製造プラントの全景を写真—1 に、測定システムの設置状況を写真—2 に示す。

(2) 本モニタリングによる粒度測定技術

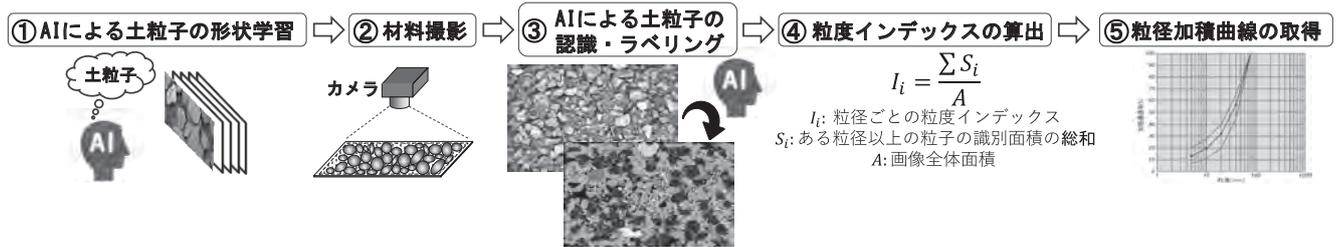
本モニタリングは、従来の画像解析技術による地盤材料の粒度をモニタリングする技術⁴⁾に AI による土粒子判定処理を導入することで、実用性を飛躍的に向上させた技術である。本モニタリングの概要を図—1



写真一 1 CSG 製造プラント全景



写真一 2 測定システムの設置状況



図一 1 本モニタリングの概要

に示す。あらかじめ土粒子の形状や色調を機械学習した AI が撮影した画像から瞬時に土粒子を認識して粒径区分ごとに識別する。画像上での各土粒子の大きさ（ピクセル数）を基に、撮影画像全体に占める土粒子の面積の割合（以下、粒度インデックス）が算出される。この粒度インデックスと加積通過率の相関関係を事前に取得しておくことで、粒度インデックスから粒径加積曲線を得ることができる。

(3) 近赤外線水分計による含水率測定技術

近赤外線水分計による含水率測定技術は、水が特定の波長の近赤外線を強く吸収する性質を利用し、被測定対象物に近赤外線を照射した際に、これが吸収される度合い（吸光度）を測定することで対象材料の含水率を非破壊かつ瞬時に評価する技術である。式（1）の吸光度と含水率の相関関係（以下、検量線）を事前に求めておくことで、近赤外線の照射とほぼ同時に材料の含水率を得ることができる。近赤外線水分計のキャリブレーション状況を写真一 3 に示す。検量線の切片ならびに偏回帰係数は、炉乾燥法で測定した含水率と近赤外線水分計で測定した吸光度の関係から重回帰分析によって求める。

$$w_{NIR} = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n \quad (1)$$

ここで、 w_{NIR} ：近赤外線水分計で測定した含水比、 a_0 ：検量線の切片、 $a_1 \sim a_n$ ：各吸光度に対する偏回帰係数、 $X_1 \sim X_n$ ：各波長帯における吸光度



写真一 3 近赤外線水分計キャリブレーション

(4) 本システムの概要

CSG の製造中は、1日に1回の頻度で密度および吸水率試験を、1～2時間に1回の頻度で従来法を行い、表面水量を算出することが義務付けられている¹⁾。このとき、JIS A 1109 および JIS A 1110 に準拠して行う CSG 材の密度および吸水率試験は、5 mm、10 mm、20 mm、40 mm ふるいに残留した試料、および 5 mm ふるい通過試料の計 5 つの粒径区分ごとに試験を行っている。各粒径区分の CSG の表乾質量に、表面水率を乗じて各粒径区分の CSG 材の表面水量を求め、これを合計して CSG 材の表面水量を算出する。本システムでは、従来法の代替として本モニタリングによる粒度と近赤外線水分計による含水率の全量データの 15 分移動平均値⁵⁾を用いて表面水量を算出する。

本システムの概要を図-2に示す。CSG材の粒度と含水率のデータがプラント制御室内の配合表計算PC内のデータベースに格納される。配合表計算PCがCSG製造管理サーバにアクセスしてCSGの製造状況を参照することでCSG製造中のデータのみ表面水量の計算を行う。配合表は最終的にクラウド上にアップロードされ、複数の工事関係者で共有できる。また、粒度分布や表面水量の経時変化もクラウド上で可視化しており、携帯端末などからもその変動傾向を監視可能としている。

3. 本システムの試験運用時の測定結果と従来法との精度検証

成瀬ダムのCSG製造設備において本システムを試験運用し、測定結果と従来法との比較を行った。当工事では段丘堆積物（以下、段丘材）と原石山破碎材（以下、破碎材）の2種類を混合してCSG材としている。

本節では、2023年9月20日午前0時～10月3日午前0時の計13日間におけるCSG材2種類の段丘材と破碎材の全量データについて述べる。

(1) 本モニタリングによる粒度分布

本モニタリングによる計測結果の一例として、40mmの加積通過率の経時変化を図-3に示す。灰色の網掛けは、材料製造を停止していた時間帯または同ラインが停止していた時間帯である。全体的に規定の粒度幅を満足していることが確認できる。また、本モニタリングで得られた加積通過率と従来法で測定した粒度分布の加積通過率の比較を図-4に示す。2種類のCSG材ともに、従来法との加積通過率の相違はおおよそ5.0%程度であり、十分な測定精度を有している。

(2) 近赤外線水分計による含水率

近赤外線水分計で測定した含水率の経時変化を図-

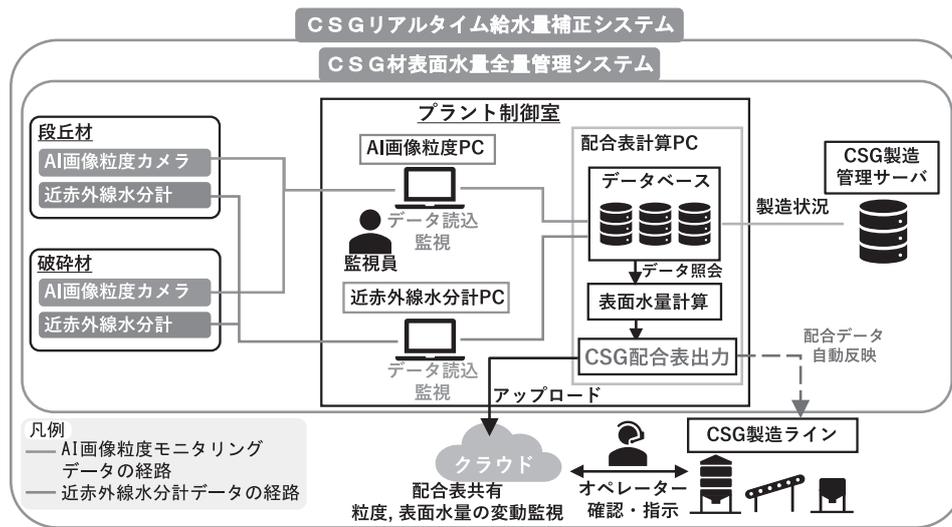


図-2 本システムの構成

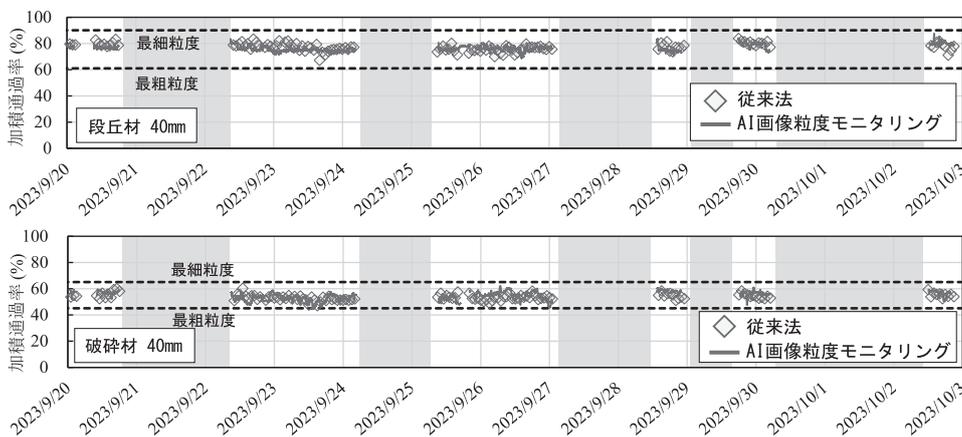


図-3 本モニタリングから得られる加積通過率

5に、近赤外線水分計で測定した含水率と従来法で測定した含水率との比較を図一6に示す。灰色の網掛けは、材料製造を停止していた時間帯または同ラインが停止していた時間帯である。従来法と比較して、近赤外線水分計による含水率の変動傾向は同様であり、CSG材の含水率をリアルタイムに監視できることを確認した。また、2種類のCSG材ともに、従来法との含水率の相違は概ね1.0%程度であり、十分な測定精度を有していることを確認することができた。

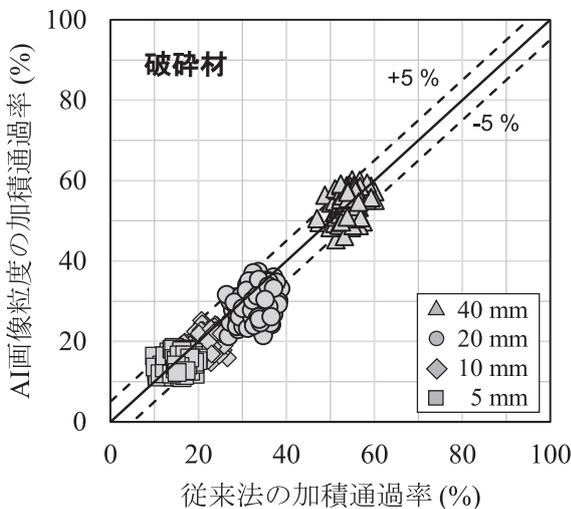
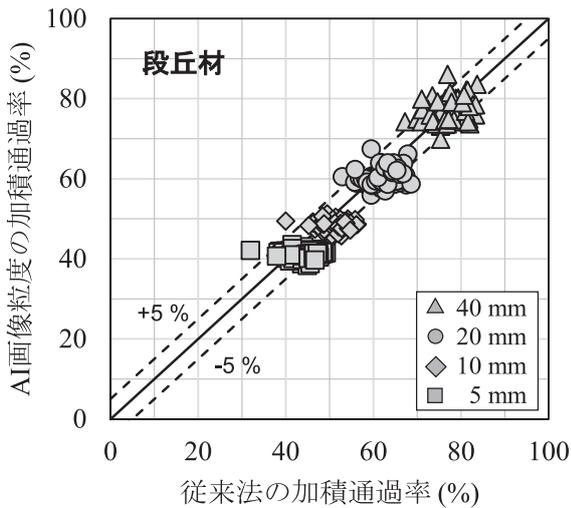
(3) 本モニタリングと近赤外線水分計の測定データから算出した表面水量

本モニタリングによる粒度分布と近赤外線水分計で測定した含水率から算出した表面水量の時系列データを図一7に、従来法で求めた表面水量との比較を図一8に示す。2種類のCSG材ともに、本システムで算出した表面水量の変動傾向は、従来法で算出した表面水量の結果とほぼ同等で、その水量の差も小さく、概ね±7.5 kg/m³に収まっている。これより本システムの測定精度はCSG製造管理に必要な性能を満足していることが分かる。以上より、当技術を用いると1~2時間に1回の従来法で捉えることが難しい短周期の材料変動を連続的に監視することができる。

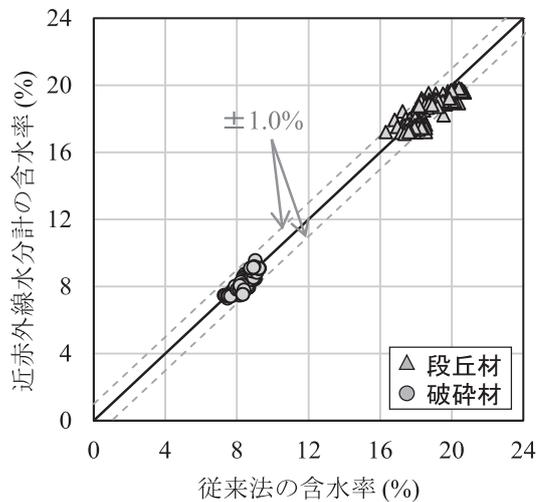
4. 本システムの導入効果

本システムの試験運用結果から従来法と同等の精度で測定可能であると確認できた。この結果から本システムによる計測結果を基にCSGの配合設定が可能と判断され、2024年4月から従来法の代替として本システムによる品質管理が採用された。

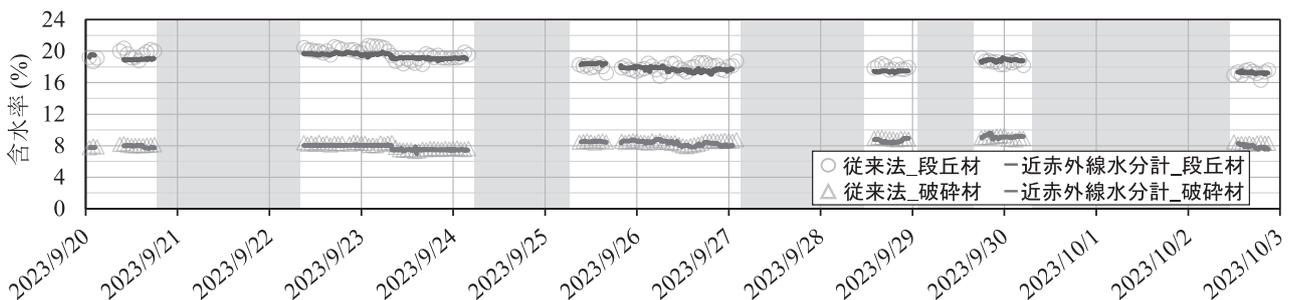
従来法による品質管理はCSG材の品質の安定期に



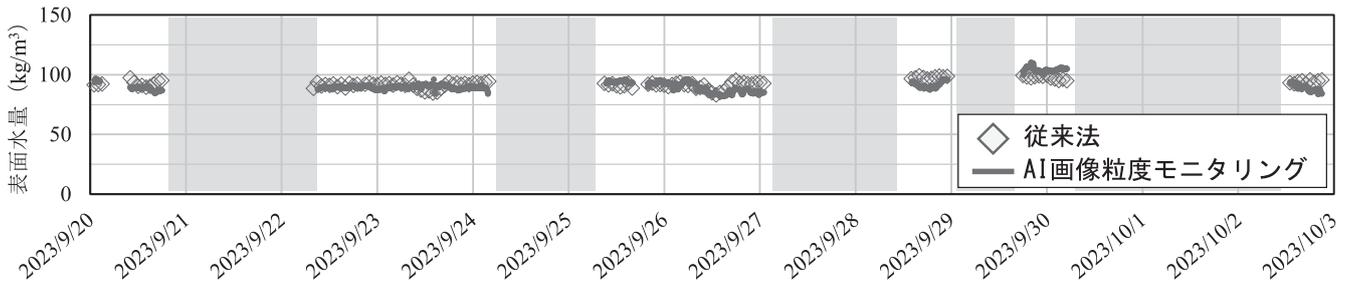
図一4 本モニタリングと従来法の比較



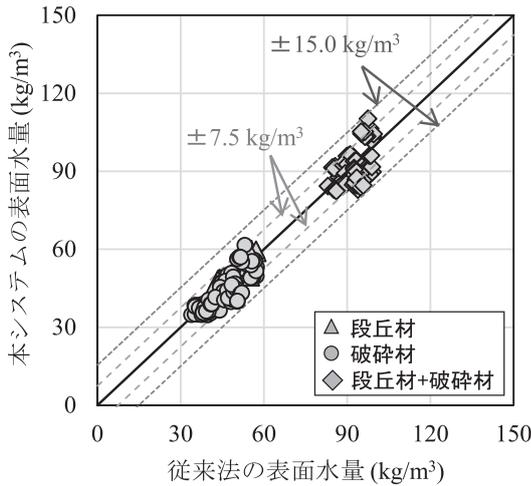
図一6 近赤外線水分計と従来法の含水率比較



図一5 近赤外線水分計で得られる含水率



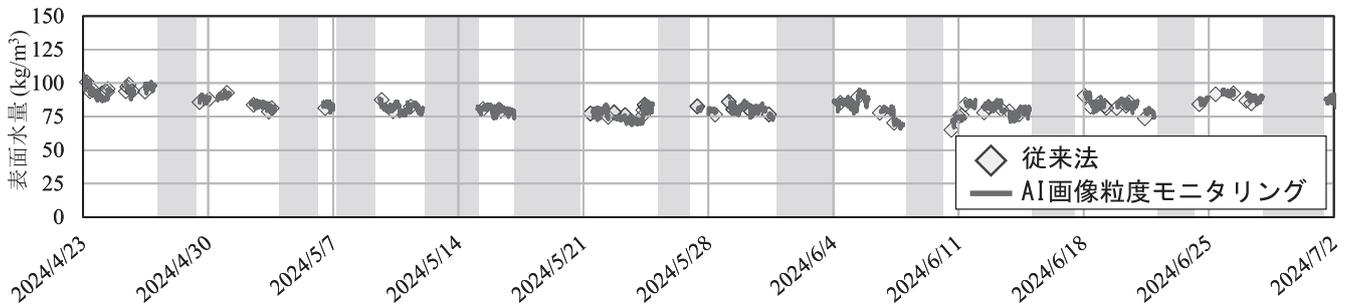
図一七 本システムから得られた表面水量



図一八 本システムと従来法の表面水量の比較

は2時間に1回であったが、運用開始後は1時間に1回の頻度で配合切り替えを実施している。2024年4月23日午前0時～7月2日午前0時の計70日間における表面水量の全量データを図一9に示す。本システムによる運用開始後も1日に1回従来法を実施している。従来法と比較して、本モニタリングによる粒度分布と近赤外線水分計による含水率から算出した表面水量は従来法と同等であることが分かる。

図一10に従来法による品質管理の様子と本システムによる品質管理の様子を示す。従来法で品質管理を行っていた場合、試験室の稼働に昼夜で14～15名の試験員が必要であったが、本システムの導入により、監視員を2名に削減し、品質管理業務に係る人員につ



図一九 本システム運用開始後の表面水量時系列データ



図一10 従来法から本システムへの品質管理の移行

いて約9割の省力化を実現した。また、従来法では数十kgの材料を対象とした試験を1～2時間ごとに実施して表面水量を算出していたが、本システムの導入により約3秒ごとに粒度、含水率を自動で取得することによって、CSG材全量を対象とした品質管理も実現した。

5. おわりに

成瀬ダム堤体打設工事において、CSG材の品質管理の省力化を目的として2023年にCSG材の表面水量全量管理システムを試験運用した。その結果、CSGの製造管理に用いるCSG材の表面水量では従来法と同等の精度であることから、CSGの品質を確保する上で十分な精度を有すると確認できた。当現場では、この結果を受けて2024年から本システムを品質管理として採用し、CSGの品質管理業務に係る人員の削減と省力化を実現した。また、粒度分布と含水率を約3秒に1回測定することで材料の全量管理を実現した。これによって材料の品質変動を高頻度に把握することが可能となり、CSGの品質の安定化にも寄与できると考えられる。

J C M A

《参考文献》

- 1) (財)ダム技術センター：台形CSGダム設計・施工・品質管理技術資料, pp.215-222, 2012.
- 2) 福島陽, 藤崎勝利, 岡本道孝, 小原隆志, 岡本遥河, 小林弘明, 田中恵祐：AI画像粒度モニタリングシステムによるCSG材の粒度分布の全量管理, 土木学会第78回学術講演会, VI-652, 2023.
- 3) 藤崎勝利, 榎谷麻衣, 福島陽, 笹岡里衣, 岡本道孝, 小原隆志, 小林弘明：近赤外線水分計によるCSG材の含水率全量管理, 土木学会第78回学術講演会, VI-651, 2023.
- 4) 藤崎勝利, 川野健一, 黒沼出, 武井昭：デジタルカメラ画像を用いた土質材料の粒度変動監視システム, 地盤工学会誌, Vol.62, No.8, Ser. No.679, 2014.
- 5) 福島陽, 榎谷麻衣, 藤崎勝利, 小原隆志, 岡本遥河, 小林弘明, 田中恵祐, 岡本道孝：AI画像粒度モニタリングシステムによる粒度変動の時系列分析, 第58回地盤工学研究発表会, No.12-12-2-07, 2023.

【筆者紹介】

浅井 泰一郎 (あさい やすいちろう)
鹿島建設㈱
技術研究所
土質・地盤グループ



田中 恵祐 (たなか けいすけ)
鹿島建設㈱
技術研究所
土質・地盤グループ



岡本 道孝 (おかもと みちたか)
鹿島建設㈱
技術研究所
土質・地盤グループ



地中連続壁工法に用いる安定液の 品質管理自動計測システムの開発

ファンネル粘度および比重を自動で連続的に精度よく測定

平井 裕二・吉野 修・中路 貴元

鋼製連壁やRC連壁といった地中連続壁工法で実施する安定液の各種品質確認は、長年、従来法（人手計測による試験）を実施しているため、省力化・省人化に向けて、これまでに様々な技術が開発されている。しかし、重要な試験の1つであるファンネル粘度は、安定液中の砂分や細粒分、粘性等の影響によりほとんど開発が進んでいないのが現状である。

今回、安定液試験項目のうち、ファンネル粘度および比重について、自動で連続計測できる「品質管理自動計測システム」を開発し、RC連壁の実施工現場に試験導入して、実用化可能であることを確認した。

本稿では、実施工現場での検討事項とその結果を紹介する。

キーワード：地中連続壁，安定液，細管式粘度測定装置，ファンネル粘度，比重，自動計測

1. はじめに

鋼製連壁やRC連壁で使用する安定液は、①溝壁の安定（崩壊防止）、②掘削土砂の運搬・分離、③良質な打設コンクリートとの置換という重要な役割を果たしている。また、これらの役割を果たせる品質が確認するため、通常、ファンネル粘度、比重、造壁性、pH等の試験を毎日（片番）1～2回実施し、安定液品質の良否判断を行っている。このうち、ファンネル粘度および比重については、上記の役割すべてに関連しているため、造壁性ととも品質を判断する上で重要な指標とされている。

一方、すべての安定液試験は人手（現場技術者による手作業）により実施しているため、①測定者の違いにより試験結果に誤差が生じる、②すべての試験結果が出揃うまでに時間がかかる、③試験回数が限られてしまうため、掘削に伴い安定液性状が急激に悪化した場合に対応が遅れ、掘削や打設コンクリートの品質に影響を及ぼすなどの課題が生じる場合がある。

そこで、筆者らはファンネル粘度および比重について、安定液試験の省力化・省人化、リアルタイム測定による安定液品質の表示と監視等を目的に、自動で連続計測できる「品質管理自動計測システム」の研究開発に着手した^{1), 2)}。

品質管理自動計測システムの心臓部となるファンネル粘度の計測は、現場で使用される安定液の粘性や含有する細粒分等を考慮し、細管式粘度計の原理を利用

した「細管式粘性測定装置」を製作し行った。また、比重は、泥水式シールド工法の泥水品質管理に実績のある密度計を地中連続壁工法に適用できるか検証することとした。

研究開発では、まず細管式粘性測定装置を用いて室内試験を実施することとした。室内試験では、模擬安定液の品質（砂の有無、凝集の有無など）を変化させ²⁾、人手計測による結果と細管式粘性測定装置から得られるファンネル粘度の値を比較しながら、製作した細管式粘性測定装置を改良し完成させた。同時に、密度計による比重の計測やPCによる遠隔監視等を行えるシステムも構築した。

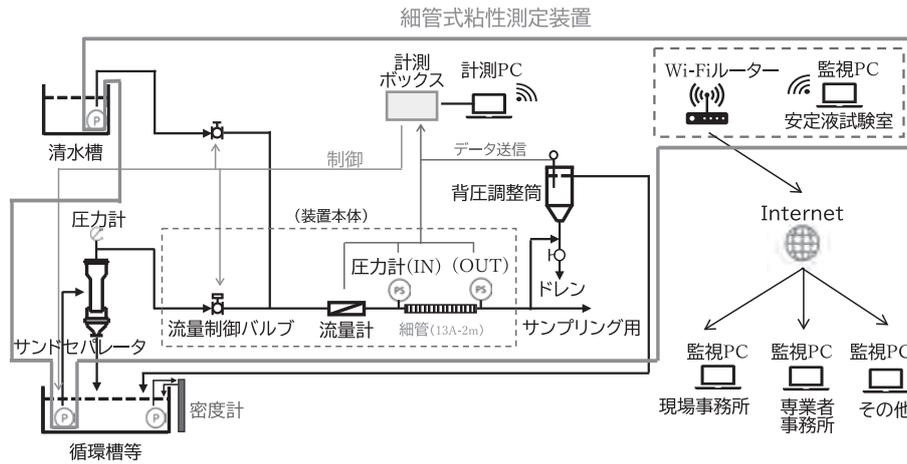
次に、品質管理自動計測システムが実施工現場の安定液品質管理に適用可能か判断するため、RC連壁の施工現場に設置し、現場実証試験を実施した³⁾。

現場実証試験では、現場で使用されている安定液を用いて室内試験と同様の確認を行い、品質管理自動計測システムの実用性および有効性について最終確認を行った。

2. 品質管理自動計測システム

品質管理自動計測システムは、図1に示す「細管式粘性測定装置」をはじめとする機器で構成されている。また、オプションとして密度計を設置することにより、比重の測定も可能となる。

測定中の画面および測定結果は、Wi-Fiやインター



図一1 安定液の品質管理自動計測システム

ネットを介して、任意の場所（安定液試験室や現場事務所等）に監視PCを設置することができ、モニターいつでも誰でも確認できる機能を有している。

以下、現場実証試験に使用したシステムを例に、構成する主な装置等について説明する。

(1) 細管式粘性測定装置の全体構成

細管式粘性測定装置は、写真一1に示すサンドセパレータ、装置本体（流量調整バルブ、流量計、圧力計 (IN,OUT)、細管）、背圧調整筒、計測ボックス、計測PC等で構成されている。

それぞれの機器は独立しており自由に配置できるが、サンドセパレータ、装置本体、背圧調整筒を写真のように一列に並べると幅約4m、奥行き約1m、高さ0.5～1m程度の大きさとなる。これら機器は、循環槽（鋼製水槽タンク）上に設置したステージに配置した。

(a) サンドセパレータ

安定液中の砂分を除去する装置である。

粘性測定に使用する安定液は循環槽からサンプリングするため、安定液中の砂分により細管等での堆砂や詰まりが生じないように、細管の前段にサンドセパレータを設置している。

(b) 細管

細管は、その入口および出口に取り付けた圧力計より差圧を求めるためのものであり、ファンネル粘度の算出に使用する。

長さは2mとし、配管径13Aの透明なアクリルパイプとした。透明なパイプを採用した理由は、配管内のトラブル（詰りや砂の堆砂等）の有無、清水洗浄後の配管内部を目視確認するためである。

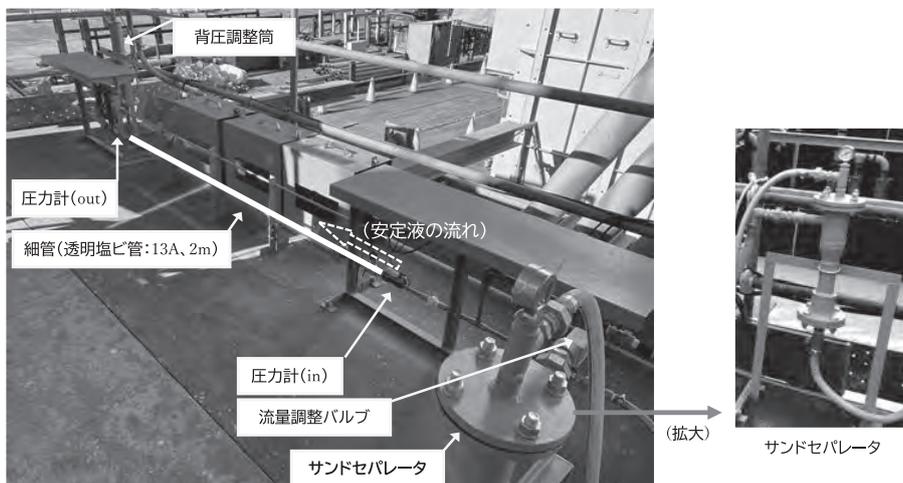
(c) 背圧調整筒

背圧調整筒は、配管内における安定液の圧力を安定化させるためのものである。

任意の背圧設定ができるよう、背圧調整筒は高さ調整が可能となっている。

(d) 計測ボックス、計測PC

計測ボックス内部には、シーケンサ、各信号の入出



写真一1 細管式粘性測定装置

力ユニットおよび動力回路を搭載した。各機器の制御および演算は、シーケンサ内部で処理を行い、計測PCと有線で接続している。また、ボックス前面に取り付けている小型のタッチパネルディスプレイでは、各機器の手動操作や設定値（安定液管理基準等）の入力が可能である。

計測PCは、測定値の表示および自動運転操作や設定値の入力などを行うものである(図-2)。なお、ファンネル粘度の測定は連続測定だけでなく、一定の時間ごとに測定する間欠測定設定、インターネットの接続による監視PCからの遠隔操作も可能である。

(e) 監視PC

監視PCは、計測PCの画面を遠隔で画面共有するものであり、写真-2は安定液試験室に設置した監視PCである。

現場実証試験を実施した安定液設備の配置により、細管式粘性測定装置は、写真奥(約30m先)にある循環槽上に設置したため、安定液の性状を人により常時監視することが難しかった。そのため、安定液試験

項目名	単位	14.00	10.00	6.00	2.00
設定流量	L/min	14.00	10.00	6.00	2.00
流量	L/min	0.00	14.05	9.95	6.01
圧力1	kPa	2.95	26.07	17.22	12.02
圧力2	kPa	2.95	10.53	9.49	8.85
差圧	kPa	0.00	15.55	7.73	3.17
ずり速度	sec ⁻¹		1085.7	768.9	464.4
ずり応力	dyn/cm ²		196.64	97.75	40.09
見掛粘度	mPa·s		181	127	86
水温	°C		28.57	37.98	37.97

図-2 計測PC画面



写真-2 安定液試験室に設置した監視PC

室に監視PCを設置して、計測PCの画面共有により安定液品質を確認できるようにした。

(2) 密度計

密度計は、水頭圧の差圧計測により流体の密度(比重)を算出する装置である。

密度計は循環槽脇に設置し、循環槽内に設置したサンプリングポンプより装置内の差圧測定部分へ安定液を循環させ、連続で安定液の密度を測定した。

3. 現場実証試験

試験期間、測定時間、安定液のサンプリング場所について、以下に記載する。

(1) 概要

(a) 試験期間

先行および後行掘削(コンクリートカッティング)の全期間(約11か月間)で実施した。

(b) 測定時間

掘削が行われている時間帯(8~17時)に測定するように設定した。しかし、24時間連続運転による機器トラブルの有無を確認するため、掘削エレメントごとに適宜運転時間を変更し測定した。

(c) 安定液のサンプリング場所

安定液のサンプリングは、細管式粘性測定装置および密度計ともに、人手計測による安定液試験と同様、掘削溝内への送泥安定液となる循環槽にサンプリングポンプを設置した。この場所でのサンプリングは、安定液試験では、掘削溝内へ送泥する安定液品質を管理することが重要とされていること、また、本現場では各試験項目の管理基準値は送泥安定液に対して設定しているためである。

(2) ファンネル粘度測定

測定条件、検証方法について、以下に記載する。

(a) 測定条件

細管式粘性測定装置の測定条件を、表-1に示す。流量は、製作した細管式粘性測定装置で安定した流量が得られる最小値の2L/minを基準とし、配管長

表-1 細管式粘性測定装置の測定条件

項目	条件
流量	・2, 6, 10, 14 L/min (= 4 流量1 サイクル)
その他	・1 サイクルあたり約15分 ・溝内送泥用安定液を測定

等との関係より、安定液が細管内で層流となる範囲で、任意に設定した4流量（2, 6, 10, 14 L/min）を1サイクルとして測定した⁴⁾。

測定は流量 14 L/min から開始し、測定開始から1分は設定流量に安定させるための待機時間、その後2分で設定した流量の差圧測定を行った。なお、差圧は約1秒おきに測定し、2分間の平均を流量に対する平均差圧（以降、「差圧」とする）として用いた。

流量 14 L/min の測定が終了すると、すぐに流量 10 L/min の待機時間へ移行し、以下同様な流れで差圧測定および流量移行（6 L/min → 2 L/min）を行った。4流量すべての測定が終了した時点で、細管等の内部洗浄のため、清水槽の水を使用し2分間洗浄を行った。洗浄後は、次の測定（サイクル）に移行して測定を繰り返すよう設定した。

(b) 検証方法

ファンネル粘度は、室内試験^{1),2)}と同様に、計測ボックスに記憶させる「検量線の選定」、次に「検量線を用いたファンネル粘度の算出と人手計測による結果との相関検証」を実施し、使用する検量線を確定した後、「掘削時におけるファンネル粘度の自動計測」を行った。

「検量線の選定」は、4流量のうち、どの流量がファンネル粘度の算出に適しているか判断するものであり、各流量における差圧と人手計測による結果との相関を検証し、最も相関等が強い流量の直線近似式を選定するものである。

「検量線を用いたファンネル粘度の算出と人手計測による結果との相関検証」は、選定した検量線に差圧を代入し、検量線より算出したファンネル粘度と人手計測による結果を比較して、検量線の妥当性検証を行った。

「掘削時におけるファンネル粘度の自動計測」は、細管式粘性測定装置および人手計測による経時変化の比較を行うことにより、細管式粘性測定装置の実用性および有効性について確認を行った。

(3) 比重

比重は、密度計の精度を確認するため、掘削時（先行、後行）における測定値と手動による計測結果を比較し検討した。なお、比重は約1秒おきに測定し、随時計測 PC の画面に表示した。

(4) データの記録および情報共有

測定データは、ファンネル粘度および比重を時系列に表示・記録できるようにした。また、表示したデータを誰でもどこでも見られるよう、安定液試験室およ

び現場事務所に設置した。

4. 現場実証試験結果

(1) ファンネル粘度

(a) 検量線の選定

図-3は、各流量における差圧と人手計測によるファンネル粘度との関係を示したものである。

結果として、流量が少なくなるにつれ、バラツキも小さくなる傾向を示した。また、相関係数も流量が少なくなるにつれ大きくなる傾向を示し、4流量のうち、流量 2 L/min において 0.76 と最大を示した。

次に、4流量の直線近似式に各流量における差圧を代入し、得られた値と人手計測による結果との差分の最大値、最小値および標準偏差から、直線近似式の評価を行った。その結果を表-2に示す。

表より、最小値は流量を変化させても大きな違いは認められなかったものの、最大値は流量が少なくなるにつれ、小さくなる傾向を示した。また標準偏差も、最大値と同様、流量が少ないほど小さくなる傾向を示し、標準偏差は 2 L/min の 1.2 が4流量の中では最小となった。

なお、過去の室内試験結果²⁾では、6 L/min の相関式が適していると考えられたが、安定液品質が一般的な管理基準値内（20～36秒）である場合、手で計測するファンネル粘度計（500 ml）の流速に換算すると約 1.0～1.8 L/min となり、今回の4流量では流量

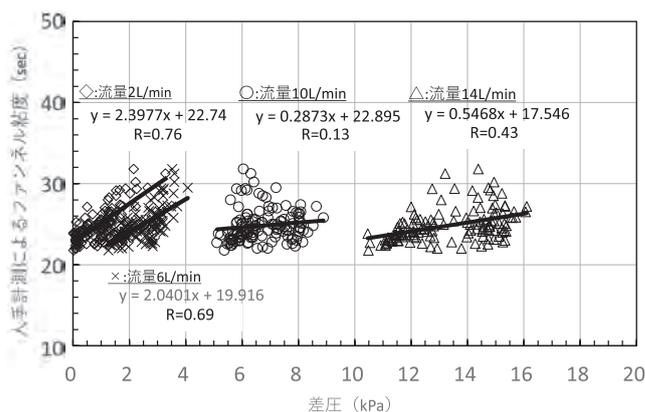


図-3 各流量における差圧と人手計測によるファンネル粘度との関係

表-2 各直線近似式への差圧代入と人手計測によるファンネル粘度の差分

流量	2 L/min	6 L/min	10 L/min	14 L/min
最大値	3.8	4.9	7.1	6.5
最小値	-3.4	-3.3	-3.1	-3.2
標準偏差	1.2	1.4	2.0	1.8

2 L/min がほぼ同等であること、また、本試験（実施工現場）の安定液を用いた試験結果では、流量 2 L/min が 4 流量の中で標準偏差も小さい値を示したことから、ファンネル粘度を算出する直線近似式は、流量 2 L/min における $y = 2.3977x + 22.74$ を選定することとした。

(b) 検量線を用いたファンネル粘度の算出と人手計測による結果との相関検証

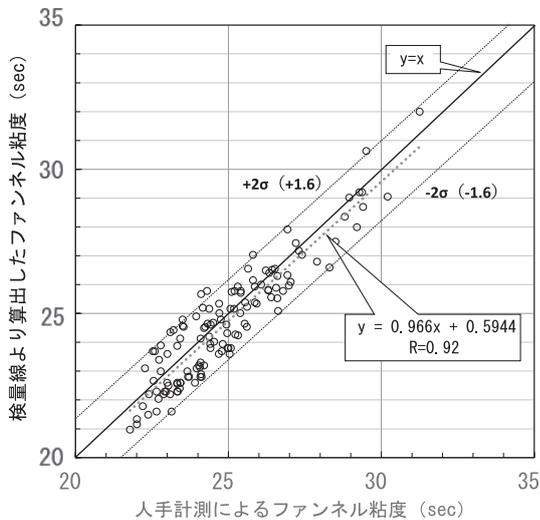
図一 4 は、人手計測による結果と、流量 2 L/min における直線近似式（検量線）に測定した差圧を代入して求めたファンネル粘度との関係を示したものである。

両者の相関係数は 0.92 と強い相関を示し、得られた直線近似の傾きも約 0.97 とほぼ 1 に近い値となった。また、算出したファンネル粘度の標準偏差は、 2σ の場合で ± 1.6 秒となり、人手計測時の人的誤差と大きく変わらない値となった。

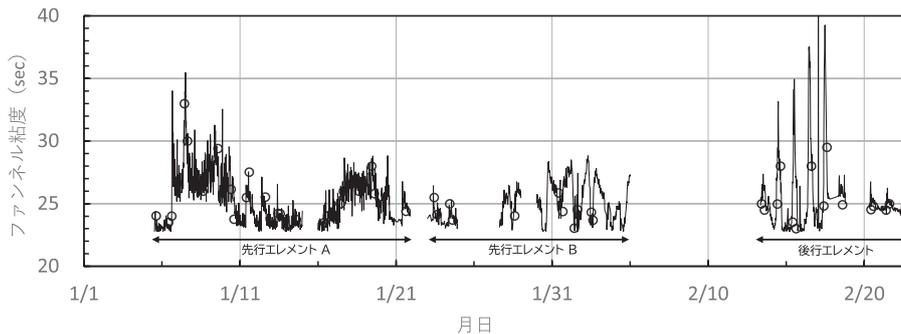
以上の結果を踏まえ、細管式粘性測定装置によるファンネル粘度の算出は、流量 2 L/min の直線近似式が検量線として妥当であると判断した。

(c) 掘削時におけるファンネル粘度の自動計測

図一 5 は、試験期間中における細管式粘性測定



図一 4 人手計測と検量線によるファンネル粘度の関係



図一 5 ファンネル粘度の経時変化

装置で求めたファンネル粘度（実線）と人手計測による結果（○印）との経時変化を示した一部である。

この期間は、先行エレメント A および B の掘削後、後行掘削に移行した時のものである。

先行エレメント A では、まず掘削初期（1/7～1/10）にファンネル粘度が大きく上下することがあった。これは、表層部に存在した微細粒子等の影響であり、管理基準値（20～36 sec）内へファンネル粘度を低下させるため、薬剤（炭酸ナトリウム）等を随時添加していた時期である。

細管式粘性測定装置により求めたファンネル粘度は、細かな粘性変化を捉えているものの、人手計測では、1日2回試験のため、その傾向が部分的にしか把握できなかった。一方で、両者を比較すると、細管式粘性測定装置によるファンネル粘度と人手計測の結果は、ほぼ同じ値を示していたことから、人手計測時以外は実線のような粘性動向を示していたと考えられる。

先行エレメント B では、初期掘削開始前に薬剤等を安定液に事前添加していたため、大きな粘性上昇は生じず、掘削終了まで、ほぼ管理基準値内で推移することができた。また、細管式粘性測定装置によるファンネル粘度は、先行エレメント A と同様、人手計測とほぼ同じ値を示していた。

後行エレメントでは、初期掘削前に薬剤等を安定液に事前添加してコンクリートカッティングによる粘性上昇に備えていたものの、掘削初期から中盤（2/14～2/18）に掘削スピードが速まるがあった。そのため、細管式粘性測定装置によるファンネル粘度測定結果から分かるように、一時的に粘性が管理基準値を超えていたことや、薬剤等の添加前後における粘性の激しい上下変化も一目で理解することができ、細管式粘性測定装置による粘性動向を踏まえた対応が可能となった。一方で、人手計測は細管式粘性測定装置による結果とほぼ同様な結果であり、先行掘削時に比べ粘性がやや高い傾向にあったことがうかがえるもの

の、細管式粘性測定装置のような細かな粘性推移を把握することは困難であった。

以上の結果より、細管式粘性測定装置によるファンネル粘度の測定は、「人手計測のない時間帯における粘性動向も視覚的に見える化できる」ことも判明し、細管式粘性測定装置の実用性および有効性についても確認することができた。

これにより、安定液の品質が悪化した場合、早期に改善検討と品質改善策を実施できると考える。また、溝壁の安定や打設コンクリートの品質維持に貢献できることに加え、安定液の再生薬剤使用量や廃棄安定液の低減に寄与できるものとする。

(2) 比重

密度計および人手計測による比重の関係を図-6に示す。

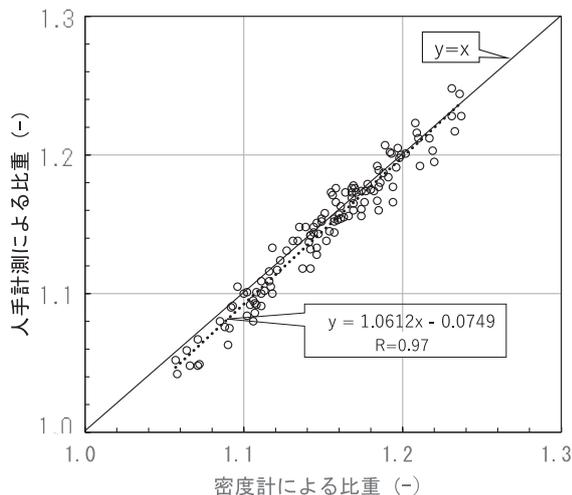


図-6 密度計と人手計測による比重の関係

図より、密度計と人手計測の相関係数は0.97、直線近似の傾きも1.06とほぼ1となった。この結果より、密度計は人手計測とほぼ同じ値を示すことが分かり、地中連続壁工法への適用も有効であることが確認できた。

(3) データの記録および情報共有

図-7は、粘性測定装置で測定したファンネル粘度、密度計で測定した比重等の経時変化を示したものである。図中の管理基準値は、あらかじめ設定画面上で入力した管理基準値がグラフ上に点線で表示される仕組みとなっており、試験項目ごとに単独でグラフ表示への変更も可能である。また取得したデータは、csvデータとして自動保存される。

これら測定結果は、インターネットを介して、あらかじめ安定液試験室や現場事務所に設置したモニターで遠隔監視を行った。これにより、元請け職員や安定液管理技術者をはじめとする専門家が、対応遅れが無いように現状の安定液品質を数値やグラフでいつでもすぐに確認できるようになり、全エレメントの掘削が終了するまで安定した品質を維持することができた。

5. おわりに

安定液の品質管理自動計測システム（ファンネル粘度、比重の測定および遠隔監視）を実施現場に導入し、以下の結果が得られ実用化に至ったと判断した。

- ①ファンネル粘度および比重ともに、人手計測と同様の試験結果が得られた。また細管式粘性測定装置による自動計測により、測定精度が向上した。
- ②人手計測時以外のファンネル粘度および比重を24

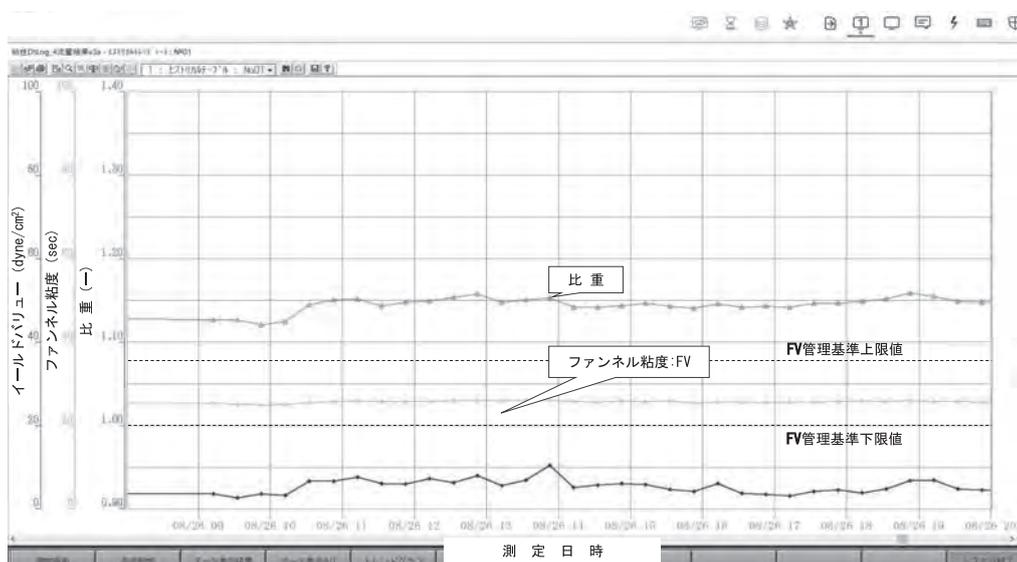


図-7 グラフ画面（一例）

時間連続自動運転したが、トラブルも確認されず、精度よく測定できた。

- ③現場事務所や安定液試験室など離れた場所でもリアルタイムに試験結果を遠隔監視することができるようになり、全エレメントの掘削が終了するまで安定した安定液品質を維持することができた。
- ④密度計は人手計測と同じ値を示し、精度よく測定することができた。このため、地中連続壁工法への適用も有効であることが確認できた。

また、今回の結果により、今後以下の効果等が期待できる。

- ・安定液管理の省力化および省人化
- ・安定液品質悪化時の早期発見ならびに早期対応による再生薬剤使用量や廃棄安定液の低減
- ・溝壁の安定や打設コンクリートのさらなる品質維持
- ・昼夜連続掘削時における安定液品質管理への対応
- ・安定液管理経験の少ない職員による品質管理

謝 辞

本開発を進めるにあたり、(株)ISIS 松下眞矢氏にご指導・ご助言を頂きました。ここに御礼申し上げます。

J C M A

《参考文献》

- 1) 平井裕二、吉野修、中路貴元：地中連続壁工法に用いる安定液管理手法の開発、土木学会全国大会第77回年次学術講演会概要集、Ⅲ -29、2022.9
- 2) 平井裕二ほか：地中連続壁工法に用いる安定液管理手法の開発－ファンネル粘度の自動計測に関する検討－、土木学会第50回関東支部技術研究発表会概要集、Ⅵ -33、2023.3
- 3) 平井裕二ほか：地中連続壁工法に用いる安定液管理手法の開発－施工現場におけるファンネル粘度および比重の自動計測に関する検証－、土木学会全国大会第79回年次学術講演会概要集、Ⅳ -1164、2024.9
- 4) 沖野文吉：ボーリング用泥水、技報堂出版、pp36-43、1981

【筆者紹介】

平井 裕二（ひらい ゆうじ）
西松建設株式会社
技術研究所 土木技術グループ



吉野 修（よしの おさむ）
西松建設株式会社
技術研究所 土木技術グループ
首席研究員（グループ長）



中路 貴元（なかじ たかもと）
株式会社三栄
営業部
次長



交流のひろば/agora—crosstalking—



土工構造物施工における 土工用振動ローラの最適利用に向けて

締固め性能と走破性を基軸とした土工機械の評価

福田 智行

本稿では、近年の河川堤防決壊を契機として再認識された土工構造物の品質確保の観点から、土工用振動ローラの締固め性能と走破性について試験・分析を行った結果を報告する。試験の結果、土工用振動ローラは基準となる締固め曲線を上回る性能と、軟弱地盤条件下での良好な走破性を示すことが確認された。

キーワード：振動ローラ，締固め性能，走破性，コーン指数

1. はじめに

土木工事において、土の締固めは構造物の品質を確保する上で極めて重要な工程である。特に2019年の記録的大雨による河川堤防の決壊事例では、堤防の強度不足が原因の一つとされており、改めて締固めの重要性が認識されている¹⁾。土工構造物において、十分な締固めを行うことは、構造物の強度や安定性を確保する上で不可欠である。土工工事では、土の締固め度合いを「締固め度（現場で測定した土の乾燥密度を室内試験で求めた最大乾燥密度で除した百分率）」という指標で管理しており、この締固め度はせん断強度や透水係数等の力学特性と密接な関係があることが報告されている²⁾。施工規模や土質条件に応じて、適切な締固め機械を選定し、所要の締固め度を確保することが重要となる。

土工用振動ローラは、道路・堤防・空港・ダムなどの造成工事の締固めに多用されている機械である。このように現在では土木工事に不可欠な機械となっている振動ローラであるが、その発展は1960年代初頭に遡る。1960年代初頭は土工用牽引ローラ、シングルドラム式歩行ローラが主流であった。1970年代以降、油圧モーターの導入により機械設計が簡素化され、振動周波数、移動速度を必要に応じて調整できるようになり、締固め効率が向上した³⁾。

土工工事における振動ローラの使用において重要となるのが、走破性と締固め性能の両立である。一般的な土工工事では良好な土質材料を使用するため、走破性が問題となることは少ないが、堤防工事では不透水性確保のため細粒分の多い土質材料を比較的高含水比

で施工することがあり、この両立が特に重要となる。また、近年では、締固め管理方法の高度化が進められている。特に、振動ローラによる締固めが、基準となる締固め度より高い結果を示すことに着目し、施工含水比を最適含水比よりも乾燥側とすることで、現場での密度を高め、盛土の遮水性や強度を向上させる新たな管理方法が提案されている⁴⁾。このように、最近の締固め管理方法を適用する場合にも、機械の締固め性能を有効に使うために、機械の特性を十分に把握しておくことが重要である。

本稿では、土工工事現場でも使用される舗装用振動ローラとの違いを含め、土工用振動ローラの種類、そして当社社内の締固め試験結果として締固め性能と走破性について述べる。これらの特性を理解することは、適切な締固め機械の選定と、含水比管理、締固め度管理、施工効率の向上につながり、土工構造物の品質向上に寄与するものと考えられる。

2. 土工用振動ローラと舗装用振動ローラの設計思想と特性の違い

写真1に示す土工用振動ローラと舗装用振動ローラは同じ振動ローラであるが、使用目的に応じて設計思想が大きく異なる。主な違いは、起振力、振動数、振幅、および駆動方式にある。

土工用振動ローラは、厚い土層を効率的に締固めることを目的としているため、大きな起振力と振幅を特徴とする。例えば、運転質量12t級の土工用振動ローラでは起振力が250kNを超え、振幅が2mm前後であるのに対し、4t級の舗装用コンパインド振動ロー



写真一 土工用・舗装用振動ローラ

ラでは起振力が 35 kN 程度、振幅が 0.4 mm 程度と大きな差がある。一方、振動数については、舗装用が 50 Hz 以上であるのに対し、土工用は 30 Hz 前後と低く設定されている。

また、土工用振動ローラは、軟弱地盤や不陸な現場での作業を想定し、高いけん引力と走行性を確保するため、前後輪駆動方式を採用し、後輪には専用のラグ付タイヤを装備している。これに対し、舗装用振動ローラは、舗装面の仕上げと平坦性を重視するため、後輪には平滑なタイヤを採用している。

このような設計上の違いは、締固め性能にも影響する。土工用振動ローラは、現場で基準となる締固め度を上回る締固め性能を示すのに対し、舗装用振動ローラでは、同試験の締固め曲線を下回る結果となっている。これは、土工用振動ローラが深層部まで効果的な締固めを可能とする設計となっていることを示している。

以上のように、土工用振動ローラと舗装用振動ローラは、その使用目的に応じて異なる特性を持つよう設計されており、それぞれの用途に適した性能を発揮できるよう工夫されている。

3. 土工用振動ローラの種類とその使用場所

土工用振動ローラの代表的な機種として、運転質量違いで 5 t、12 t、20 t 級がある。

5 t 級は、国内で販売されている機種のほとんどが、前輪にパッドフット（タンピング）を装備したタイプで、その表面には多数の突起が付いている。突起の先端に荷重が集中することで高い転圧効果が得られ、特に粘性土の締固めに効果を発揮する。このため、ため池工事など、細粒分を多く含む材料の締固めに適している。

12 t 級の代表機種は、前輪に平滑な振動輪を装備した土工用振動ローラである。主にダムや堤防など、強力な締固めが必要な場面で使用される。振動機構と適

度な機械重量の組み合わせにより、効率的な締固めが可能である。

20 t 級は、高速道路、空港、大規模造成、ダム等の盛土工事向けに開発された大型機種である。12 t 級以上の締固め能力を有し、大規模土工事での高い施工効率を実現する。特に深層部の締固めに優れており、厚層の盛土材料を効率的に締固めることができる。

機種を選定は、施工規模、要求される締固め度、土質条件、含水比条件などを総合的に考慮して行われる。特に、施工層厚と要求される締固め度は、機種選定における重要な要素となる。

4. 締固め性能と走破性に関する室内試験結果と評価

(1) 試験条件

締固め性能と走破性を確認するための試験は、コンクリート製の専用試験ピット（長さ 20 m×幅 3 m×深さ 0.95 m）で実施した（写真一）。供試土は細粒分まじり砂 {SF} を使用し、その粒度組成は礫分 4.8%、砂分 52.6%、細粒分 42.6% である。また、供試土の物



写真二 専用ピットでの締固め試験状況

表一 1 供試機械の仕様

機種名	運転質量 kg	締固め幅/ 履帯幅 mm	起振力 (試験時) kN	締固め 性能試験	走破性 試験
土工用振動ローラ					
SV-20t	19,980	2,130	343		○
SV-12t	12,000	2,130	255	○	○
SVT-5t	4,770	1,370	72	○	○
舗装用振動ローラ					
TW-4t	3,500	1,300	34.3	○	○
タイヤローラ					
TZ-12t	12,330	2,275	-		○
ブルドーザ					
D51-14t	13,820	710 × 2	-	○	○

理的特性として、最大乾燥密度は 1.947 g/cm³、最適含水比は 12.6% であった。

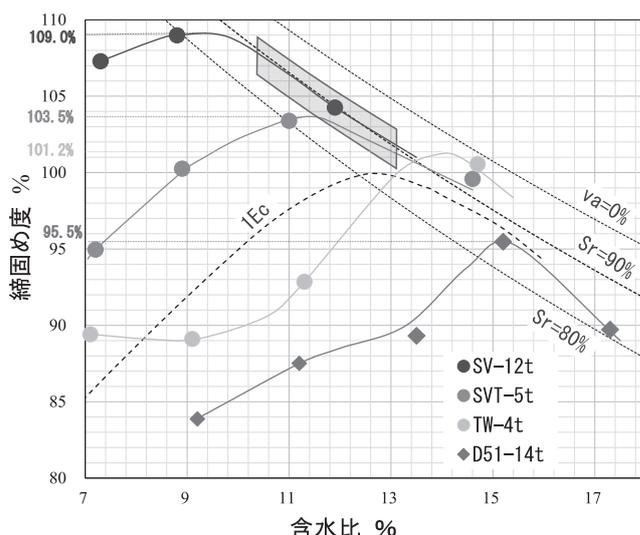
試験に使用した機械の仕様を表一 1 に示す。締固め性能試験では、土工用振動ローラ 2 機種 (SV-12t, SVT-5t)、舗装用振動ローラ 1 機種 (TW-4t) を選定した。また、比較機としてブルドーザ (D51-14t) を加えた。走破性試験は前述した機種に加え、土工用振動ローラ 1 機種 (SV-20t)、舗装用タイヤローラ 1 機種 (TZ-12t) を加えた。

(2) 締固め性能

締固め性能の評価は、含水比の異なる土で締固めを行い、その結果を含水比と締固め度の関係として表した締固め曲線によって行われる。この締固め曲線からは、最大締固め度 (以降、Dc_max) と最適含水比 (以降、w_{opt}) が得られるとともに、空気を含まない理想状態を示すゼロ空気間隙曲線 (v_a=0%) との関係も把握できる。現場では高い締固め度が要求されること、また含水比にバラツキが生じることを考慮すると、締固め機械による締固め曲線は高い位置にあることが望ましい。さらに、基準となる室内突固め試験から得られる締固め曲線 (以降、IEc) との比較も、重要な評価指標となる。

試験結果図一 1 によれば、土工用振動ローラ SV-12t は Dc_max が 109% に達し、SVT-5t も 103.5% を記録した。これに対し、舗装用振動ローラ TW-4t は、w_{opt} の湿潤側でのみ IEC を上回り、Dc_max は 101.2% に留まった。比較対象としたブルドーザ D51-14t は、全ての含水比において IEC を下回り、Dc_max は 95.5% であった。特に IEC の乾燥側では、土工用振動ローラ SV-12t・SVT-5t との性能差が顕著に表れている。

各機種の締固め性能の差異は、機械から地盤に与える圧力の違いに起因している。振動ローラは自重と起



図一 1 各締固め機械の締固め曲線

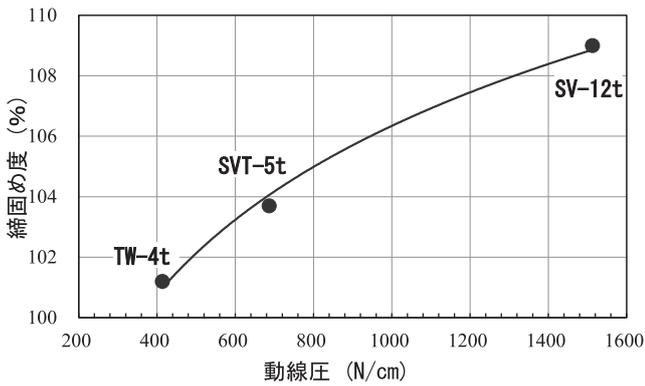
振力を組み合わせて締固めを行うのに対し、ブルドーザは自重による履帯接地圧のみに依存するためである。また、振動ローラの中でも、起振力と振幅を大きく設定している土工用振動ローラの方が、より高い締固め性能を発揮する。

近年、振動ローラの締固め曲線が IEC を上回ることに着目した新しい締固め管理方法が提案されている。従来、現場での含水比は IEC の w_{opt} より湿潤側に設定されてきた。これに対し、新たな管理方法では施工含水比を IEC の w_{opt} よりも乾燥側に設定することで、現場での密度と飽和度を高め、盛土の遮水性や強度の向上を図るものである。具体例として、SV-12t を使用する場合、図一 1 に示す平行四辺形の範囲内で締固めを行うことにより、高い締固め度と遮水性を確保することが可能である。

これまで述べたとおり、締固め曲線は締固め性能を把握する上で最も有効な指標であるが、この締固め曲線を得るには多大な労力を要する。そこで、振動ローラのカatalogに記載されている動線圧が締固め性能を判断する簡便な指標となることを示したい。動線圧は、振動輪の軸重量 (G) と起振力 (F) の和を締固め幅 (B) で除した値として定義される。本試験で得られた Dc_max と動線圧の関係を図一 2 に示す。図に示されるように、動線圧と Dc_max には相関関係が認められるため、現場条件に応じた振動ローラの選定において、動線圧を指標として活用することができる。

(3) 走破性

走破性の評価には、地盤の支持力を示すコーン指数 (CI:Cone Index) を用いた (写真一 3)。コーン指数は、円錐形のコーンを地盤に押し込んだ際の単位面積あた



図一 動線圧と締固め度の関係



写真一 3 コーン指数測定状況

りの貫入抵抗値で表される指標であり、この値が高いほど地盤が固く、機械の走破性が良好となる。本試験では、異なるコーン指数を持つ3種類の地盤を用意し、各締固め機械の走行可否を検証した。走行可否の判定は、各地盤において4往復の走行が可能であった場合を「走行可能」とした。

走破性判定結果を表一2に示す。ここでは、振動ローラ4機種の結果について考察する。最も軟弱な地盤条件であるw3 (CI:243 kN/m²)において、SV-12t, SVT-5t, および TW-4t は走破可能であった。一方、SV-20t はw3 では走破不能であったものの、より支持力の高いw2 (CI:319 kN/m²) および w1 (CI:359 kN/m²) の条件では走破可能であった。土工用振動ローラは一般的に高い走行性を確保する設計となっているが、SV-20t については前軸質量が大きいため、軟弱地盤での沈下量が過大となり走行不能に至ったと考えられる。

次に、同一質量帯における駆動方式の違いが走破性に与える影響について考察する。条件w2において、運転質量12tのSV-12tとTZ-12tを比較した。その結果、TZ-12tは走行自体は可能であったものの、走行速度が著しく低下し、実施工に適さない状態となっ

表一 2 走破性判定結果

機種	w1 コーン指数 359 kN/m ²	w2 コーン指数 319 kN/m ²	w3 コーン指数 243 kN/m ²
TW-4t	○	○	○
SVT-5t	○	○	○
SV-12t	○	○	○
SV-20t	○	○	×
TZ-12t	○	△	×

た。この差異は、SV-12tが両輪駆動方式であるのに対し、TZ-12tが後輪駆動方式であることに起因すると考えられる。

以上の結果から、締固め機械の走破性には機械質量と駆動方式が大きく影響することが明らかとなった。特に軟弱地盤では、前軸質量が重要な要素となる。また、同一質量帯であっても駆動方式の違いにより施工効率が大きく異なることが確認された。これらの知見は、軟弱地盤における締固め機械の選定において、地盤条件に応じた適切な機種選択の指標として活用できると考えられる。

5. おわりに

本稿では、土工用振動ローラの特性について、舗装用振動ローラとの設計思想の違い、各機種の特徴、そして締固め性能と走破性に関する試験結果を報告した。試験結果から、土工用振動ローラは基準となる締固め曲線を上回る優れた締固め性能を有することが確認され、特に大型機種においてその傾向が顕著であった。また、両輪駆動方式の採用により、比較的軟弱な地盤条件下でも良好な走破性を示すことが明らかとなった。

これらの知見は、施工現場における適切な機種選定の指標として活用できる。特に、動線圧と最大締固め度の相関関係は、現場条件に応じた機種選定の簡便な判断基準となり得る。また、近年提案されている新たな締固め管理方法においても、土工用振動ローラの高い締固め性能を活かすことで、より品質の高い土工構造物の築造が可能となる。

今後は、さらなる施工効率の向上と品質確保の両立に向けて、ICT技術の活用や締固め管理手法の高度化など、新たな技術開発にも取り組んでいきたい。本稿で示した土工用振動ローラの特性に関する知見が、現場での適切な機種選定と施工管理の一助となれば幸いである。

《参考文献》

- 1) 国土交通省 Press Release：令和元年東日本台風の発生した令和元年の水害被害額が統計開始以来最大に，2021
- 2) 石原雅規：河川堤防の施工事例における締固め実態と展望，基礎工 Vol. 48, No. 11, pp.67-70, 2020
- 3) Francis Pierre：The History of Road Building Equipment, KHL International Ltd, pp.198-206, 1998
- 4) 坂本ら：締固めエネルギーと飽和度を重視した遮水性盛土の締固め管理，土木学会論文集 C, Vol. 77, No. 1, pp.43-58, 2021



【筆者紹介】

福田 智行（ふくだ ともゆき）
酒井重工業(株)
開発本部 新技術開発部
スマートローラグループ



交流のひろば/agora—crosstalking—



建設機械レンタルの役割と将来 事業会社 58 年の沿革をたどりつつ

宗 像 国 義

現代の建設業において、各種工事機械をレンタル会社から借りて使用することは一般的に行われている。建設機械の多様化・高度化が進む中、自社保有ではなくレンタルすることの経済性や合理性が広く認識されるようになった。しかし、わが国の建設機械レンタル事業の歴史はさほど長くはなく、半世紀ほど前に始まったといってよい。同事業の発祥やその多様化などの変遷を、建設機械レンタル業界を代表する企業の歴史と重ね合わせて概括する。

キーワード：建設機械レンタル、高付加価値型レンタル、修理・メンテナンス、水中ポンプ、DX 対応

1. はじめに

経済産業省「特定サービス産業動態調査」によると、土木・建設機械レンタルの年間売上高は 2022 年で 1 兆 1,725 億円である（図—1）。現在もさらなる成長が見込まれる同業界ではあるが、半世紀前にさかのぼると建設機械レンタルという事業が建設業界で認知されていたとは言いがたい。

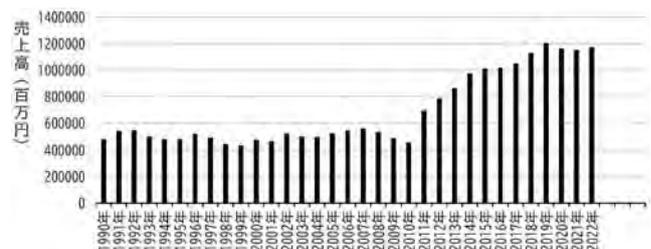
筆者が属す会社は建設機械レンタルを中核事業としており、今年で設立から 58 年となる。建設業における機械化の歴史とも重なる弊社の沿革をたどりながら、建設業の中で建設機械レンタル事業が果たしてきた役割と、今後の建設現場の環境変化に応じて求められることについて述べる。

2. 高度経済成長期における創業

(1) 始まりは 1 台のポンプから

1967 年 1 月、前身である株式会社が、わずか 3 万円の資本金で設立された（写真—1）。大手建設会社の機械部に勤めていた小沼光雄が独立、機械の修理工場として設立した。独立した当初、主に請け負ったのが水中ポンプの修理である。地下水がわき出ることの多い日本の土木・建築現場において、水を排出する水中ポンプは不可欠の機械であった。

しかし、輸入品がほとんどであった当時の水中ポンプは品質が低い上に、使用現場の環境は過酷である。そのため 1～2 時間使用しただけで、オーバーヒート



図—1 経済産業省「特定サービス産業動態調査」土木・建設機械レンタルの年間売上高推移 (1988～2022年調査値) より作成



写真—1 東京都荒川区東尾久に設立された当時の新電機株(1967年当時)

して壊れてしまうこともしばしばだった。故障するたびに現場の工事がストップしてしまうのである。大手建設会社時代から水中ポンプを担当していた小沼は、水中ポンプの修理やその改良ビジネスが土木・建築などの建設現場で重要な役割を果たしていくのではないかと考えた。

(2) レンタルの可能性を見いだす

ある建設現場で故障した水中ポンプの修理を引き受けたとき、工場内にたまたま保管していたポンプを代替機として貸し出したことがあった。そのときに建設会社は修理代以外に1日1,000円分の代替機謝礼の支払いを申し出てくれた。これをきっかけに、修理した機材を貸し出すことで顧客の初期投資を軽減しつつ、同時にリソースの効率的な活用を図るというビジネスモデルの構想が生まれた。こうして建設機械レンタルという新しいビジネス分野の先駆けとしての歩みが始まったのである。

(3) 修理・メンテナンスの重要性

建設機械の使用現場の多くは過酷な環境にある。それ故に建設機械の品質レベルはすぐに低下し、初期のレンタル費用を維持することはできない。当時の水中ポンプは故障率が高く、レンタルビジネスの主力にはなりにくいというのが常識とされていた(写真-2)。しかし、使用後の建設機械品質を最大限に引き上げる修理・メンテナンスを実現しようと考えた。そして、建設機械レンタル業界としては初めてとなったベルトコンベアの導入や、製品工場並みの修理・再生産ラインを稼働させるといった、単なる修理・メンテナンスの範囲にとどまらない「リ・プロダクト(再生産)」という発想による取り組みを始めた。

3. 第一次オイルショック、購入からレンタルへの転換

(1) 建設機械の購入からレンタルへの転換

1973年の第一次オイルショックは、日本経済に大



写真-2 水中ポンプ修理の様子

きなインパクトを与え、建設工事需要も縮小し、建設業界に厳しい影響を及ぼした。一方、エネルギー資源の高騰とともに、建設機械の保有コストが上昇する中で、建設機械の購入からレンタルへの転換が注目され始めた。そして80年代は日本の景気が再び上昇基調に向かった時期であった。1982年の東北新幹線・上越新幹線の開業、1983年の中国自動車道全線開通、1985年の関越自動車道新潟線開通など、まさに国家的プロジェクトが次々と完了していった。

(2) 建設機械レンタルの活用が一般的に

こうして建設需要が高まる中、建設業界では建設機械を自社で所有して使用することから、その都度レンタルして使用する「建設機械レンタルの活用」が一般的になりつつあった。このレンタル拡大期には、単に機械を貸し出すだけでなく、顧客の作業効率を向上させるためのサービスの提供も求められてきた。これに対して、技術サポート体制やオペレータの教育プログラムの充実化などを図り、顧客との関係強化を推進した。

ちなみに、経済産業省「特定サービス産業動態調査」で土木・建設機械レンタルの調査が始まったのはバブル経済崩壊前の1990年で、その売上高は4,809億円であった。前述した2022年の1兆1,725億円に比べて、約4割の売上規模となっている。

4. 高付加価値型レンタル業への転換

(1) レンタルの付加価値を向上

バブル経済の崩壊後、日本の建設投資額は減少の一途をたどり、建設業界は厳しい局面を迎えた。こうした市場環境の変化に応じて、従来のレンタル業から高付加価値型レンタル業への転換が求められるようになった。これに対応して採られた企業戦略が、顧客のニーズに応えるコンサルティング型のレンタルであ

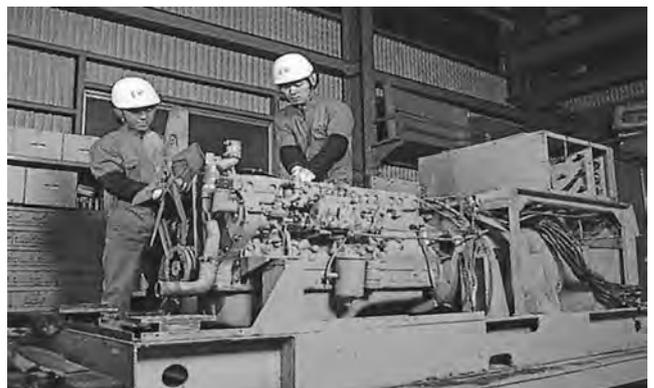


写真-3 江戸川工場(1970年代)

る。機材の貸し出しにとどまらず、顧客の作業内容に応じた機材の選定、設置、さらには操作指導を含む包括的な支援を提供することで、レンタルの付加価値を向上させたのである。これを「レンタル」と「コンサルティング」を合わせた造語「レンサルティング®」(以下、高付加価値型レンタル)と名付け、その高度化に今も努めている。

(2) メーカーと共同しての製品開発も

建設機械メーカーと建設機械レンタル会社の関係性が変化したのもこの頃からのことである。ゼネコンがいわゆる「持たざる経営」にシフトしていき、建設機械メーカーにとっての顧客として建設機械レンタル会社の比重が高まっていった。かつての高度成長期には、ユーザーの声を建設機械メーカーが直接吸い上げることができた。しかし、工事の効率化、環境対策、情報化など、土木・建築工事の現場で求められる性能や機能は年々高度化・複雑化していった。それらすべてを建設機械メーカーが拾い上げるのは難しい。そのため、顧客の細かなニーズを詳細に把握して具現化するプランを考え、それを基に建設機械メーカーと共同で製品開発をするようになっていったのである。また、建設機械の高度化に対応して修理・整備の高度化も求められるようになった。

5. 阪神・淡路大震災そして東日本大震災

(1) 大震災における対応と支援活動

1995年の阪神・淡路大震災や2011年の東日本大震災では、多くの建設機材や技術者を派遣し、迅速な復旧活動を支援した。弊社では、平時から多くの自治体と「災害時における物資の提供に関する協定」を締結していた。大震災時も自治体からの要請に基づき、仮設トイレ、発電機、その他レンタル機材を優先的に供給した。特に東日本大震災では、津波の被害が極めて広範に及び、インフラの被害は甚大だった。

東日本大震災における津波では、多くの発電機が被害を受けた。そこで海水と泥に浸かった発電機を、部品単位まで分解・洗浄し、組み立て直すことに取り組んだ。業界随一の整備工場を有する弊社にとっても初めての挑戦であったが、数多くの発電機を再び稼働させることができ、復旧活動に貢献することができた。

国内440か所以上に広がる営業拠点と多様な資機材を活用し、緊急時にも迅速かつ的確なサポートを提供する供給網を確立しているが、これらは建設機械レンタル事業者求められる社会的責務のひとつといえる



写真—4 大船渡営業所 東北地方における各営業所も壊滅的被害を受けた(2011年)

だろう(写真—4)。

(2) 福島プロジェクト

東日本大震災では、津波により福島第一原子力発電所が深刻な事故を引き起こした。事態収拾のため、関係機関との協力の下、原発から20kmの地点に設置したのが福島プロジェクトである。ここでは、放射線防護服を着用して作業する人々の休息室・操作室や爆発によって敷地内に飛散した汚染ガレキを回収する専用機材など、特別な施設や機器が求められ、これに対応している。

6. レンタル対象機器および分野の多様化と拡大

1台のポンプから始まった建設機械レンタル事業はその後、取り扱う機材も顧客も多様化・拡大していった。2010年代のレンタル事業の多様化状況を、事業分野を例に示す。

①産業設備分野

産業設備においては既存の機械では対応が難しい場合も多いが、新たな提案や製品開発でこれに対応している。たとえば、製油所の計画停電では、燃料供給のための代替コンプレッサシステムの提案により出荷作業の中断を防いだ。また業界で唯一の可搬型高圧発電機をメーカーと共同開発し、緊急送電によって操業が停止することのないようにした。

②道路分野

道路工事における機械提供にとどまらず、道路舗装会社における入札時の技術提案などのコンサルティング付加型のレンタルを行っている。高速道路の大規模更新、大規模修繕工事などのメンテナンス分野にも注力している。

③鉄道分野

鉄道現場で利用される軌陸車の開発とレンタルを手がけている。中でも、ダンプ、平トラック、クレーン付きトラックは、設計・製造から点検・整備までを一貫して行える体制を整えている。

④解体分野

建築物やインフラ、プラント設備の解体に関する資機材の提案・提供も行っている。解体作業の安全確保にも取り組み、危険を伴う高所ビル解体時の散水作業での散水ロボや遠隔散水装置の導入や各種解体作業を安全に行う自動ロボ・遠隔装置も積極的に採用している。

⑤林業分野

高性能林業機械による林業現場作業の効率化による労働軽減と安全確保を実現。木材の伐り出しに不可欠なグラブ機では、全機種に比例制御方式を採用して操作性を向上させ、経験の少ない作業員でも熟練者並みの作業を可能にしている。

⑥イベント分野

ライブコンサートや花火大会、国民体育大会（現・国民スポーツ大会）などの会場設営を中心としたサービスである。国内最大規模の発電機や投光機、レンタルカー、仮設トイレなどの豊富な製品ラインアップと全国をカバーする営業拠点で、各地の大型イベントをサポートしている。

7. 高付加価値型レンタル事例

市場環境の変化に応じての事業展開が、顧客の多様なニーズに応えるコンサルティング型のレンタルに移行し、高付加価値型レンタルを推進していることは既に述べた。その事例を紹介することで、建機レンタル会社における高付加価値型事業の一端をご理解いただ

くこととしたい。

①大型土木現場での高付加価値型事業

近年、土木業界も高齢化の進行や若手就業者数の減少などによる人手不足が深刻な問題となっている。現場状況に応じた機械選定および施工方法の検討、施工計画の立案、また機器・システム開発なども行い、現場の効率化と生産性向上に努めている。

国内最大級の大断面の土木工事ともいわれる大深度地下のシールドトンネル工事においても、巨礫分級機や垂直コンベヤをはじめとする建設機械を提供するとともに、人手不足に対応する省力化などの現場ニーズに対応している。また、シールドマシンの切削ビットに加速度センサーを埋め込み、地山を切削する際に生じる振動の微細な変化を可視化することで支障物を判別するシステムなどのソフトウェア開発も現場から高い評価を得ている（写真—5）。

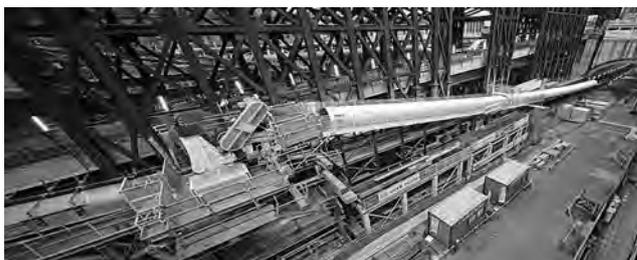
②トンネル点検プラットフォーム

2012年12月の中央自動車道笹子トンネル天井板落下事故は、道路インフラの老朽化が広く知られるきっかけとなり、国は2013年に「インフラ長寿命化基本計画」をとりまとめた。インフラの長寿命化にあたっては、その点検・補修が重要であることは言うまでもないが、限られた予算の中でこれを行うことは容易ではなく、低コスト・少人数での作業などの効率化が求められている。

弊社グループ企業は、内閣府「戦略的イノベーション創造プログラム」のインフラ維持管理分野において、道路トンネル定期点検効率化を目的としたトンネル点検プラットフォームを（一社）日本建設機械施工協会と共同で開発した。そして、同プラットフォームを2023年11月よりレンタル導入することにより、作業の効率化とともに経済合理性の向上に寄与することができた（写真—6）。

③タワークレーン遠隔操作システム

建築工専用タワークレーンは、日本国内においては1960年代から使用が開始され、現在では高層ビルなど大型建造物の工事に欠かせない建設機械のひとつと



写真—5 大成建設が施工中の大断面シールド工事

なっている。タワークレーンは移動式のクレーンに比べて多くのメリットがあるが、オペレータが高所まで昇降する際の身体的負担や、拘束時間の長さが問題となっていた。これに対して弊社は、竹中工務店、鹿島建設などと共同でタワークレーンの遠隔操作システム「TawaRemo（タワリモ）」を開発した。これにより、クレーンに上らず地上でモニター画面を見ながらの遠隔操作が可能となった（写真一七）。

この遠隔操作システムの実現によって、オペレータの高齢化や拘束時間などの労働環境からくる技術者不

足といった課題への対応や、高齢作業員の継続従事や女性の就業、短時間勤務、緊急対応が容易になるなどの効果が期待されている。

8. グループでニーズに応える

弊社グループでは、一般機械レンタル以外にも、建設業や製造・販売業など幅広く対応している。グループ全体のノウハウをフルに活用し、ユーザーの皆様のニーズに応えている。

①岐阜工業／鋼構造物工事業、機械器具設置工事業

独自の技術開発により、トンネル工事における工期短縮、品質の向上、過酷な作業環境改善への取り組みや、ご利用いただく方々の安全を第一に考えた製品づくりを行っている（写真一八）。

②櫻川ポンプ製作所／水中ポンプの開発・製造

建設用・設備水中ポンプなどの製造販売を行っている。「水」にまつわるシーンがあれば、それはすべて私たちの製品が活用できるフィールドである。「水中技術で問題解決」をスローガンに、お客様の要望に合わせた提案を行っている（写真一九）。

③リンク／測量器・非破壊検査機のプロフェッショナル

測量器や計測器の修理校正・販売・レンタルを中心



写真一六 トンネル点検の様子



写真一七 タワークレーン遠隔操作の様子



写真一八 トンネル用二次覆工型枠「セントル」



写真一九 工用水中ポンプ

に、非破壊事業やIoT／通信事業、介護事業を展開している。

高精度な測量機器の修理・校正技術を蓄積し、これを世に広め社会に貢献するという目標を掲げて創業し、社名の「リンク」には、「お客様とつながる」という願いが込められている（写真—10）。

9. 将来：DX対応と持続可能な未来への貢献

建設業界全体がデジタルトランスフォーメーション（DX）の波に直面する中で、建設機械レンタル事業もICTやIoTを活用した提供サービスの革新が求められている。たとえば、建設機械レンタル会社としての遠隔操作や予知保全システムの導入により、機械の稼働状況やメンテナンスをリアルタイムで管理し、顧客の作業効率を最大限に高めるサービスが挙げられる。また、IoTを活用することで、レンタル機械の位置や稼働状態を把握し、作業の進捗管理やトラブル発生時の迅速な対応を実現している。

さらに、持続可能な社会に向けた取り組みも重要な課題である。省エネ機材の導入や、再生可能エネルギーの活用を推進し、環境負荷の低減を図るとともに、建設機械の再生利用による資源の循環利用も積極的に行われている。単なるレンタル業務の枠を超え、建設現場の効率化と持続可能な社会実現に向けたソリューションを提供する企業、そして業界として、今後の成長が期待されている。その期待に応えることのできる活動を、これからもさらに展開していきたい。

さらに、持続可能な社会に向けた取り組みも重要な課題である。省エネ機材の導入や、再生可能エネルギーの活用を推進し、環境負荷の低減を図るとともに、建設機械の再生利用による資源の循環利用も積極的に行われている。単なるレンタル業務の枠を超え、建設現場の効率化と持続可能な社会実現に向けたソリューションを提供する企業、そして業界として、今後の成長が期待されている。その期待に応えることのできる活動を、これからもさらに展開していきたい。

JCMA



写真—10 非破壊計測



【筆者紹介】
宗像 国義（むなかた くによし）
㈱アクティオ
常務執行役員 レンサルティング本部長

ずいそう

神社巡りの楽しみ方 心に残る神社紹介



中村 恵美

「あっ!神社が見えた!寄って」ドライブ中声を掛ける。「お祭りしているの?私たち厄年だけけ?」神社はお祭りや節目に行く方が多い。行事がない時は中々行かないものである。「厄年でもないし祭りもない。神社が好きで御朱印集めているから」「そっか、わかった」私は御朱印を集める楽しみもあるが、神社そのものが好きなのである。

私の育った場所は山があり、川があり、海があり、高いビルなんて一つもないような田舎。遊ぶ場所は神社やお寺、ゲームなど普及しておらずいつも外で遊んでいた。学校区が同じ2つの地区を結ぶ峠には「権現様」と呼ぶ神社があった。そこにはいつも誰かがいた。ゴム跳びや鬼ごっこ、縄跳びなどをしてしていると17時「夕焼け小焼け」が流れ慌てて家に帰った。近所のお寺は絶好のかくれんぼスポット。裏の丘には小さい洞窟があり、奥には石の仏像が数体あった。怖いと思いつつながら強がって隠れていたのを覚えている。お盆しか開いてない納骨堂では肝試し、走り回って何度か注意された記憶がある。お正月は除夜の鐘を突きに人が集まりワクワクした。神社やお寺にはそんな楽しい思い出がたくさん詰まっている。だから今でも神社やお寺が好きなのだろうと思う。

前置きが長くなったが、18県・100社ほど訪れている神社の中から私が感じた魅力と自己流の神社巡りの楽しみ方をお伝えしたい。

神社は全国に約8万社、小さい神社も入れると10万社以上になると言われている。神社には種類があり、天皇の祖先神を祀る神社を「神宮」、天皇や皇族にまつわる人物を祀る神社を「宮」、伊勢神宮の出張機関を「大神宮」、地域信仰の中核をなす神社を「大社」、最も一般的な神社を「神社」、比較的小さな神社を「社」という。祀られている神様も自然物を神聖化した神様、古事記・日本書紀に記された神様、歴史に名を残した偉人など様々である。

神社巡りをする際は、まず事前にネットで下調べをして、歴史や特徴に思いを巡らせる。私の神社巡りは行く前から始まっているのである。

神社に到着するとまず鳥居が目に入る。鳥居といえどどこまでも続く千本鳥居の伏見稲荷大社(京都府)

(写真-1)、海に浮かんだように見える(実際は置いている)巖島神社(広島県)、火山灰に埋め尽くされ笠木部分となり上から眺める腹五社神社(鹿児島県桜島)が印象に残っている。

狛犬も魅力の一つである。阿形・吽形が一般的。珍しいのは遠吠えしている姿の日枝神社日本橋撰社(東京都)(写真-2)、狛猿を置いている日枝神社(東京



写真-1 伏見鳥居



写真-2 日枝神社日本橋撰社

都)などがある。京都を旅行した時に加茂別雷神社(上賀茂神社)に行った。本殿特別公開が実施されており普段は入れない場所で参拝が出来た。左に銀色の狛犬(伝説上の獣), 右に金色の獅子が置かれ, 壁には絵画(影狛)が描かれており, 銀の狛犬が月(陰), 金の獅子は太陽(陽)を表し絵画は江戸時代のものとの説明があった。加茂御祖神社(下賀茂神社)も同様の狛犬, 狛獅子があった。洋風に感じる姿, 鮮やかな色使いは江戸時代のものとは感じられなかった。歴史を身近で感じる良い経験となった。特別拝観に出会った際はぜひ体験してほしい。

神社の入り口には立て看板があり神社の歴史, 祀られている神様や由来などが書かれてある。立て看板を見た後, 鳥居で一礼し参道を歩く。参道に一步入れば静寂な空間が広がる。清々しい空気(時には重い空気の時もある)を感じながら玉石の上を歩くザッザッという音を楽しみ, 手水舎の装飾を眺め手と口を清め本殿に向かう。

色鮮やかな本殿は稲荷社, 特に祐徳稲荷神社(佐賀県)は朱色が印象的でカラフルである。まるで別世界に入ったような錯覚を覚えた。稲荷社でも比較的大きな神社は鮮やかだ。同じ朱色でも宇佐神宮(大分県)は厳かな空気に包まれたように感じる。色は同じでも神社により雰囲気はかなり変わる。鮮やかな神社も魅力的だが, 伊勢神宮(三重県)に代表される建物(神明造り)は神社建築様式で最も古いと言われ直線的でシンプルな造りが魅力的である。阿佐ヶ谷神明宮(東京都), 熱田神社(愛知県)など数も少ないため特別感も否めない。また本殿の屋根部分にある千木と鯉木(写真-3)にも注目したい。千木の形で祭神の男女の区別が出来ると言われている。鯉木に関しては奇数なら男神, 偶数なら女神と諸説があるが豆知識として覚えておくと面白いかもしれない。

本殿, 末社, 奥宮に参拝, ご縁を感謝する。参拝が終わると御朱印受付を行う。御朱印とは参拝や奉納の証明であり, 神仏とご縁を結んだ証として発行されるものである。デザインは様々な種類があり, 切り絵風(写真-4), 有名漫画家とのコラボによるアニメ風の絵が入ったもの, 刺繍が入ったもの, 季節の花の絵(写真-5)など限定御朱印も人気である。私は必ず一般的な御朱印を買うようにしている。右に参拝又は奉拝の文字, 中央には神社名と神社印, 左に日付が入っているシンプルなものである。大体の神社は半紙も用意しており, 受付と同時に受取出来るのも選ぶ理由である。連れを待たせなくていい。とはいえやはり限定ものには弱く, ついつい1社で数枚の御朱印を買ってし



写真-3 千木と鯉木



写真-4 東京都小網神社 限定御朱印



写真-5 佐賀県武雄神社 限定御朱印

まう。書く人により力強さ, 繊細さなどイメージが変わることも魅力だ。御朱印を眺め自己満足に浸りながら参道を戻る。立て看板, 鳥居, 狛犬, 建物, 御朱印, 隅々まで楽しむこれが私の自己流神社巡りである。

最後に, お賽銭のキャッシュレス化について。最近はお賽銭箱の横に「こちらでもご利用できます」と書かれたQRコードがある。お賽銭がキャッシュレス? 衝撃を受けたのと同時に違和感があり未だ利用していない。お賽銭は神社が金融機関に預ける際, 手数料がか

かり1円が多いと赤字になることもあると聞く。預かる金融機関はごみを省き判別のつかない小銭を洗浄する必要があると聞いた。大変な手間が掛かることがわかる。そういう話を聞くと双方にキャッシュレス化のメリットがあると思う。日常生活のキャッシュレス化と同様にすぐに浸透するだろう。そうなれば手軽さからお賽銭の金額も増えるかもしれない。少子高齢化の影響で人手不足、働き手不足と言われる中、効率化にはDXが推進されている。歴史のある神社やお寺もDX化が必要な時代になったと改めて思う。

日常には常識やルールがあふれており、時には窮屈を感じる。神社は静寂とともにゆっくりとした時間が流れ、落ち着きと解放感に包まれる。「変わってゆくものもあれば、変わらないものもある。」これからも自己流神社巡りを続けていきたいと思う。

みなさんも散歩がてら神社へ出向いてはいかがでしょうか。

—なかむら えみ

コマツカスタマーサポート(株) 直轄事業部 直轄営業部 担当課長—



ずいそう

我がふるさとの紹介

秋 森 憲 造



安芸の宮島

この原稿依頼があったときに、あらためて諸先輩方の記事を拝見し、自分には紹介できる趣味が無く困りました。いくつかの旅行に関する体験記を参考に題材を絞ることにしました。

さて、時間的に遠方に旅行も難しいため身近で有名な宮島にしました（自宅より交通機関で約1時間）。

早速、家内に宮島の弥山(みせん)登山(標高 535 m)の声を掛けると、普段は休日でも仕事が多い私の提案を不審がられてしまいました。

素直に、事情を話すと快く協力してもらいました。

インバウンドに沸く宮島

身近な有名スポットですが、コロナ渦やその後のインバウンドによる混雑を敬遠し、約10年振りの訪問となります。日曜日、朝一番6時10分の始発バスに乗り込み出発しました。

12月初旬の為、ウインドブレーカにマフラーと完全防備で臨みました。

インバウンドの影響で廿日市市観光公式サイトによると令和5年の年間来島者数は約465万人となっており昭和40年頃と比較すると約2倍となっております。宮島の人口は約1,400人ですから大変な観光客の増加です。

バス、JRと乗り継ぎフェリー乗り場に向かいました。

宮島口の広島電鉄の駅やフェリー乗り場の建物も10年前に比べ見違えるほど綺麗に整備されていました。

早朝のフェリーも未だ混雑が始まる前でしたが、船内のベンチはほぼ満席の状態でした(写真-1)。

朝焼けの光に照らされて清々しい船内の空気でした。

話によるとフェリーに2時間並んだとか、昼食が行列で食べられず宮島から帰って食べたとか聞いていました。

宮島に着き早速、厳島神社の参道を経て、大鳥居の写真を撮り目的の弥山方向へ歩きました(写真-2)。

運動不足のため、脚力に不安があり当初からロープウェイを利用する計画でした。暖冬の為、途中のみみじ谷の紅葉も12月に入っているのに、きれいに赤く染まっていました。ここまで、インバウンドの混雑も



写真-1 早朝のフェリー



写真-2 大鳥居

回避し完璧な行程でした。

しかし、ロープウェイ乗り場に一番乗りで到着すると、始発は9時からで約一時間待つことになりました。

始発の時間になると、100人以上並び外国人も1/3程度いたでしょうか、集客力に驚きました。

いざ徒歩で登山

ロープウェイを2台乗り継ぎここからは、いよいよ徒歩で約30分の登山です。無料の竹製の杖を借り開始。

途中に弘法大使が修行につかった火が今ものこる「消えずの火」(写真-3)を見学しました。

ロープウェイのパフレットによると1,200年以上も燃え続けている有難い火で、広島平和記念公園の「平和の灯火」の元火にもなっているとのこと。

弘法大使・空海は遣唐使の使命を終え京の都に帰る途中、弥山へ立ち寄り、護摩を焚いて100日間に及ぶ



写真一三 消えずの火



写真一六 海上かき小屋



写真一四 弥山山頂



写真一七 炭火烧・特選カキ



写真一五 山頂からの景色

修行に使った火が「消えずの火」とのことです。

軽い気持ちで弥山登山を始めましたが、歴史に触れ子供のころからよく訪れた宮島の再発見となりました。

気持ちを切り替え、登山を続け息も徐々に荒くなりながらラストスパート。途中の行き交う方々の気持ちの良い挨拶も新鮮で無地に目的の弥山山頂に到着しました。

山頂からの景色は瀬戸内海の島々や遠くに広島街や、海がきれいで、まさに多島美の絶景ポイントです(写真一4, 5)。

山頂での記念撮影を終え、今度はくんだり道です。

足元に注意しながら、ゆっくり下山しました。混雑が始まった商店街は飲食店も行列で大変です。

名物のにぎり天をテイクアウトしフェリーで帰路に。

宮島口のフェリー乗り場も今から宮島に向かう人で混雑しており早朝からスタートして大正解でした。

広島名物の昼食

昼食は、家内がリサーチした地元の水産業者さんが経営する、かき小屋に決めていました。

フェリー乗り場から徒歩15分程度のところでした。

途中、ヒルトンホテルの工事現場を横目に到着。

店内は、有名人のサイン色紙が多数飾られ活気が有り賑わっていました。室内と海上いかだを選べたので迷わず海上いかだで、炭火烧の新鮮なカキを堪能(写真一6, 7)。

まだ暖冬の12月に潮風を感じ、パチパチと炭火で特選カキをいただきました。記事のネタ作りの日帰り宮島・弥山登山でしたが、久しぶりに夫婦で出かけ大満足の散策でした。

最近、インバウンドで大混雑していますが、我がふるさとにある、世界遺産・日本三景の名所です。早朝の行程でしたら、充実した体験となることと思います。是非、いかがでしょうか。

JCMA 報告

一般社団法人日本建設機械施工協会 令和7年新年賀詞交歓会報告

本協会の新年賀詞交歓会は、令和7年1月7日（火）午後4時から機械振興会館地下2階ホールにおいて開催された。

金井道夫会長は、冒頭の挨拶にて、「年末に不慮の事故でお亡くなりになった足立敏之参議院議員のご冥福をお祈りする」と弔意を示した。さらに、「災害発生時には建設機械の確保が重要であることから、その位置情報や性能をオンラインで確認できるように会員の皆様のご協力をお願いしたい。また、海外については、エネルギーコストや環境に対する考え方が異なるため、海外調査を行い会員の皆様の参考になるよう取りまとめたい」と述べた。



写真—1 金井道夫会長

次に、佐藤信秋参議院議員が挨拶し、国土強靱化実施中期計画の検討の加速に意欲を見せるとともに、「人材不足が深刻化する建設業界において、働く者にとって新3K（給与・休暇・希望）のある魅力ある業界にすることが重要だ」と述べた。



写真—2 佐藤信秋参議院議員

続いて、吉岡幹夫事務次官が挨拶し、「災害発生時の建設機械の重要性は極めて高まっているとともに、ICTによる自動化や省エネ等の推進も同時に求められている。本会がその牽引役となることを期待する」と述べた。



写真—3 吉岡幹夫事務次官

続いて、廣瀬昌由技監が挨拶し、「人材不足が深刻化するなか、i-Construction 2.0の掲げるオートメーション化を通じて、省人化3割、生産性1.5倍向上という目標を確実に達成し、より生産性の高い建設現場を実現したい」と述べた。



写真—4 廣瀬昌由技監

最後に、須賀千鶴経済産業省産業機械課長が挨拶し、「昨年は過去最高水準の賃上げ、設備投資、株価など経済指標に明るい兆しが見えた一年だった。今年はいずれもしっかりと定着させるために邁進して参りたい」と述べた。



写真一五 須賀千鶴経済産業省産業機械課長

次に、本田博人副会長（キャタピラージャパン（同）代表執行役員）の発声で、本年の発展と健康を祈念して乾杯した。



写真一六 本田博人副会長

最後に、清水琢三副会長（五洋建設㈱代表取締役社長）が閉会の挨拶を行い省人化に向けた i-Construction 2.0 の益々の発展を祈念し、令和7年新年賀詞交換会は午後5時に終了した。



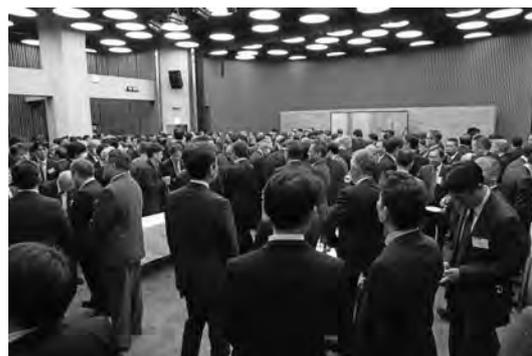
写真一七 清水琢三副会長



写真一九 会場全景①



写真一八 岩見吉輝業務執行理事（司会）



写真一〇 会場全景②

富士山静岡空港の大規模盛土工に関する技術支援

瀧本 英朗・勝又 淳至・安井 成豊

現在、富士山静岡空港は、平成 29 年 3 月に策定された「滑走路端安全区域（RESA）対策に関する指針（航空局）」に基づき、「東側 RESA 拡幅（30 進入側）」を選定して大規模盛土工（高さ 70 m、幅 120 m（天端部）、盛土量約 30 万 m³）に着手している。施工技術総合研究所は、その大規模盛土工について、施工開始前の設計検討段階から現在実施中の盛土工において技術支援を実施している。本稿ではこの実施概要について紹介する。

キーワード：富士山静岡空港、大規模盛土、盛土、RESA、混合土、配合、補強盛土

1. はじめに

富士山静岡空港は、静岡県のほぼ中央に位置し、富士山を間近に望める美しい空港である。昭和 62 年に静岡県が空港建設予定地を島田市・榛原町（当時）に決定し、その後、詳細な計画策定や環境アセスメントなどが行われ、平成 9 年に空港本体準備工事に着手、平成 21 年に開港された。そのため、静岡県内の観光地へのアクセスが容易となり、観光客の増加に貢献してきた。

その後、滑走路端安全区域（RESA：Runway End Safety Area）の範囲（長さ及び幅）について、ICAO（国際民間航空機関）の勧告を受け、平成 25 年に国（国土交通省航空局）により「空港土木施設の設置基準解説」が改訂され、全ての空港（滑走路端安全区域）に対し、この基準（以下、「新基準」）が適用されることとなった。

富士山静岡空港については、東側 RESA が新基準を満たしていないため、平成 29 年 3 月に策定された「滑走路端安全区域（RESA）対策に関する指針（航空局）」に基づき、「東側 RESA 拡幅（30 進入側）」を選定して工事に着手している（図-1 参照）。

当空港では、新基準に即した RESA 整備を適切に進める目的で大規模盛土工（高さ 70 m、幅 120 m（天端部）、盛土量約 30 万 m³）を実施している。施工技術総合研究所では、その大規模盛土工に関して技術支援を実施しており、本稿ではこの実施概要について紹介する。

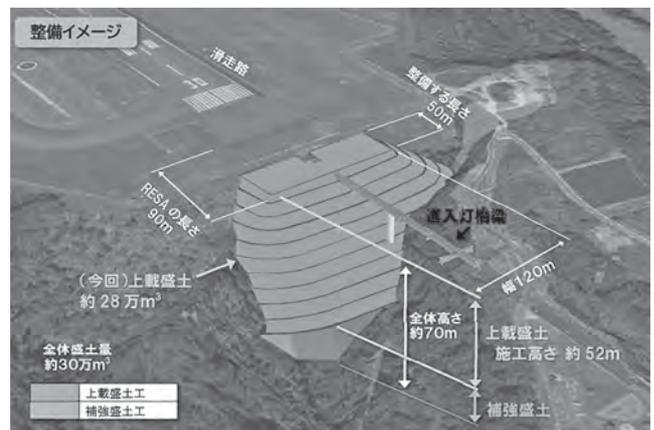
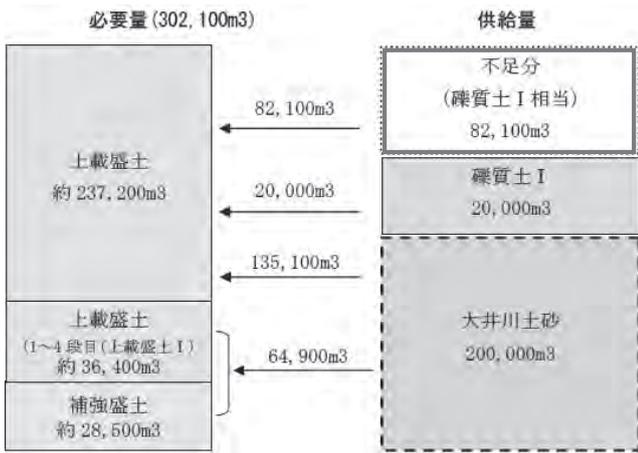


図-1 整備後のイメージ

2. 技術支援の概要

(1) 工事概要と課題

静岡空港は、ICAO（国際民間航空機関）の勧告を踏まえて、2026 年度末（令和 8 年度末）までに新基準（RESA 長さ 90 m、幅 120 m（天端部））に適合した「滑走路端安全区域（RESA）」を確保することが求められた。静岡空港の現況 RESA は、新基準に対して東側が長さ 50 m、幅 120 m（天端部）不足する状況にあった。そのため、その不足分を既設滑走路端部の斜面を拡幅する大規模盛土工にて整備を行う方針とした。東側 RESA 拡幅において、必要となる盛土材は図-2 に示すとおりであり、大規模盛土造成には、約 30 万 m³ の盛土量が必要となった。確保可能な盛土材としては、当該盛土の工専用道路造成時に発生する「礫質土 I（2 万 m³）」と、品質が高い「大井川土



図一 2 盛土材の必要量と供給量

砂 (浚渫土) (20 万 m³)」の合計約 22 万 m³ は確保可能とされた。しかし、まだ約 8 万 2 千 m³ 不足することから、その不足分を確保するために、①西側土砂 (空港建設時の現場発生土)、②山砂利 (現場付近の土採場の購入土) の活用が検討された。

(2) 技術支援の具体例

盛土材に求められる要求品質としては、「空港土工事共通仕様書」、「補強土壁工法設計施工マニュアル」および斜面の安定解析 (短期・長期・地震時) 等から、ゾーン毎 (図一 3 参照) に盛土材の品質基準が定められた。

(a) 課題

不足する盛土材を確保する上で、空港エリア内にある西側土砂の有効活用が考えられた。ただし、地質データの確認結果から、品質のバラツキが大きいことと、単体では所要物性値を満足しないことが確認された。また、近隣の土採場から購入可能な山砂利についても、今回の大規模盛土にて必要とされる品質基準を単体では満足できない結果であった。

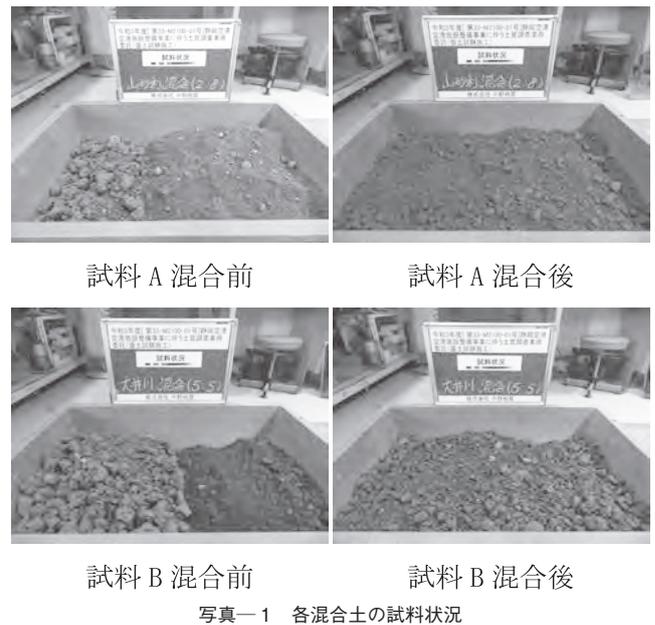
上記より、調達可能な材料単体での活用は困難と考えられ、不足する約 8 万 2 千 m³ の盛土材をどのよ

うに確保するかが大きな課題とされた。

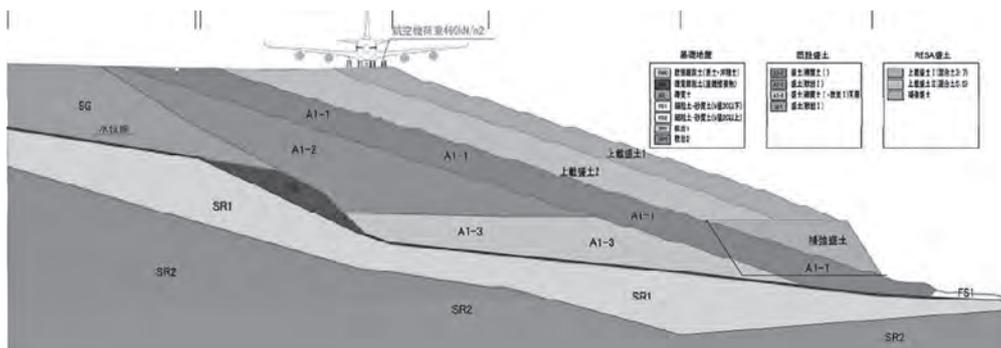
(b) 対応策

それぞれの課題に対し、解決策を検討・提案した。

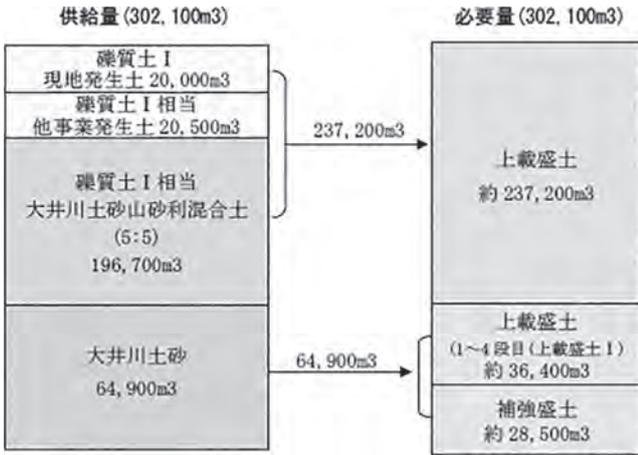
要求品質を満足した盛土材を確保するために、他の盛土材である「山砂利」と「大井川土砂」を混合させ、要求品質を満足するとともに、盛土量の確保が可能であるか検証を行った。なお、大井川土砂は良質な盛土材であり、山砂利については、不足する土量を確保する案として、西側土砂活用検討時に実施した大井川土砂との混合にて必要品質を確保できること、山砂利にて想定されるバラツキに対して、最も単体時の性状が不安視されるサンプルでの試験実施を提案した。具体的には、混合土の検討を行うため、各材料の種類と割合を変え、それぞれの混合土が要求品質を満足するか検討を行った (写真一 1 参照)。その結果、「大井川土砂単体」、「大井川土砂と山砂利の混合土」においては、要求品質を満足することが確認され、全体盛土量約 30 万 m³ のうち、約 80% の盛土量を確保すること



写真一 1 各混合土の試料状況



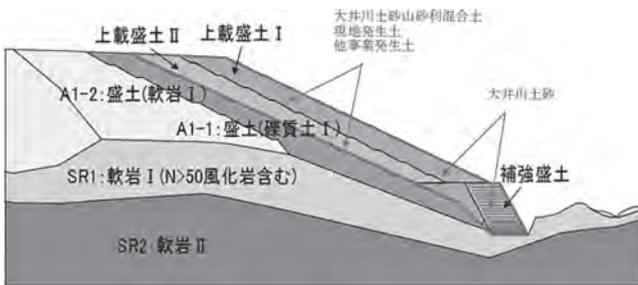
図一 3 検討断面



図一 4 盛土材の内訳



写真一 2 施工状況 (補強盛土) R6.11 時点



図一 5 RESA 盛土のゾーニング



写真一 3 降雨状況 (R6.8.28)

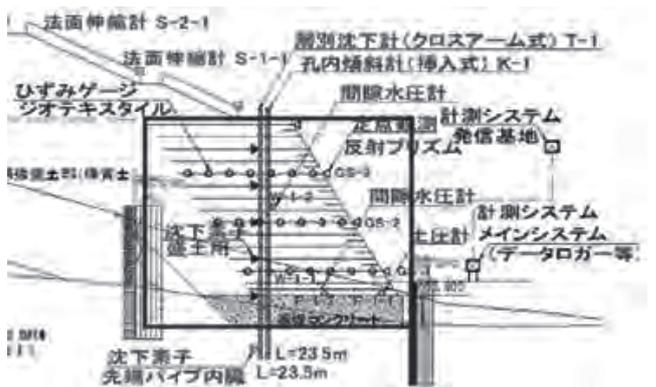
が可能となった。また、残りの 20%については、他事業発生土により確保が可能となった(図一 4 参照)。

上記により盛土材の確保が可能となったため、空港建設時の現場発生土である「西側土砂」においては、山砂利との混合や大井川土砂との混合を試験施工にて実施したが、混合土品質のバラツキと混合時の問題(容易に混合できない)などの理由から不適との判断を助言した。

また、検討した混合土の物性値より、盛土材のゾーニングにおいては、大規模盛土の下部に位置する補強盛土部には「大井川土砂単体」、その上に位置する上載盛土には、「大井川土砂と山砂利の混合土」を使用することで、要求品質を満足することが可能であると考へ、ゾーニングを検討・提案した。図一 5 に混合土のゾーニングを示す。

3. 施工状況

令和 6 年 12 月時点においては、写真一 2 に示すように、RESA 盛土下段の「補強盛土(盛土高 17.2 m, 盛土量 28,500 m³)」がほぼ施工完了した。補強盛土については、必要品質を有する大井川土砂単体を用い、施工開始から約 6 か月で完成に至っている。これまで施工を進める中で、台風 10 号(令和 6 年 8 月 26 日か



図一 6 観測機器設置位置(断面図)

ら 9 月 2 日)に伴う大雨(写真一 3 参照)により周辺法面や補強盛土の一部に被災が発生した。被災を受けた際には随時現地状況を確認し、復旧方法等についても技術支援を実施している。

RESA 盛土に対しては各種動態観測が実施され(図一 6 参照)、観測位置や頻度等についても静岡県および施工業者とともに検討を実施してきた。上記に述べた降

雨に伴う補強盛土被災後の状態についても、これらの計測データにて当該盛土の安定性が再確認されている。

4. おわりに

本稿は、富士山静岡空港の大規模盛土工の概要と当研究所が実施している技術支援の代表的な例について紹介したものである。施工が開始された段階からは、技術支援として毎月実施される工事連絡会議に参加し、適宜必要な技術的助言を行うとともに、当事業に対して設置された富士山静岡空港滑走路端安全区域 (RESA) 整備技術委員会の資料作成時の支援を行っている。

今後は、補強盛土工事の完成後、約 26 万 m³ の上載盛土工事が開始されるとともに進入灯橋梁改修工事が予定されている。特に、進入灯橋梁改修工事においては、上載盛土工とラップ作業となるとともに、空港特有の上空制限や時間制限などの制約を受ける中での工事となる。そのため、静岡県担当者および施工業者との協議をこれまで以上に綿密に行い、盛土品質の確保と円滑な施工が行えるよう、尽力していきたい次第

である。また、本業務にあたりご理解とご協力を頂いた、静岡県をはじめとする関係各位に心より感謝する。

JCMA

【筆者紹介】



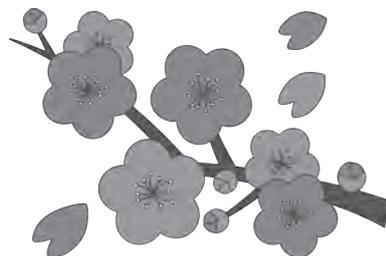
瀧本 英朗 (たきもと ひであき)
(一社) 日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第一部 副主幹



勝又 淳至 (かつまた あつし)
(一社) 日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第一部 副主幹



安井 成豊 (やすい しげとよ)
(一社) 日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
技術参事



令和6年度 主要建設資材需要見通し

国土交通省 不動産・建設経済局 大臣官房参事官（建設人材・資材）

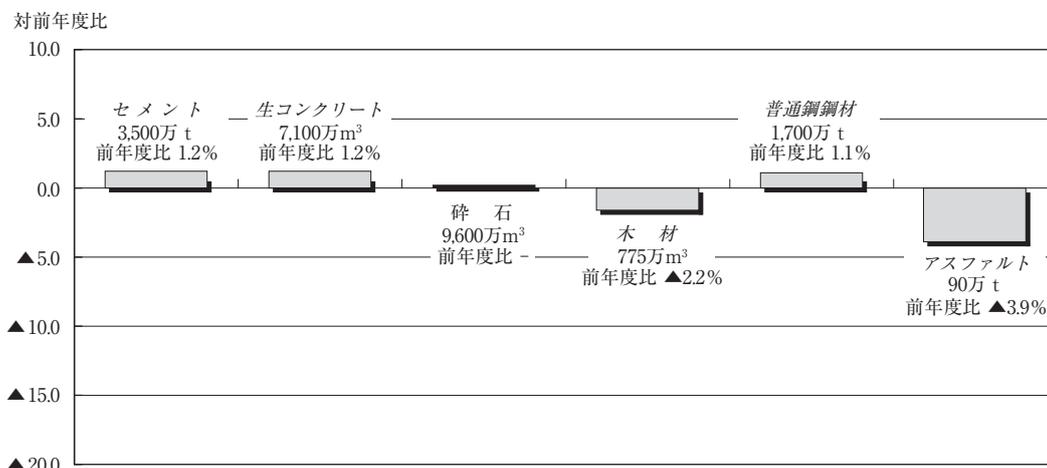
1. はじめに

国土交通省では、建設事業に使用される主要な建設資材の年間需要量の見通しを公表することにより、建設資材の安定的な確保を図

り、円滑な建設事業の実施に資することを目的として、昭和51年度より毎年、「主要建設資材需要見通し」を公表している。

本稿では、令和6年10月18日に公表した「令和6年度 主要建設資材需要見通し」の概要を報告する。

2. 令和6年度の主要建設資材需要見通し



※棒グラフは令和5年度実績と令和6年度見通しとの対比を示している。
 ※骨材は「砕石等動態統計調査」が終了したため、令和2年度より「砕石」の値のみを記載している。
 また、砕石の値は「砕石等動態統計調査」、「建設投資見通し」、「生コンクリート、アスファルトの需要見通し」から推計している。

図一 令和6年度の主要建設資材需要見通し

3. 令和5年度及び令和6年度の概況

昨年度実績と比べて、セメント、生コンクリート、普通鋼鋼材が増加、木材、形鋼、小形棒鋼、アスファルトが減少と見通される（※骨材、砕石は比較できないため対象外）（表一）。

<セメント、生コンクリート>

令和5年度における需要量実績は、セメントが前年度比7.3%減少の3,458万t、生コンクリートが前年度比5.7%減少の7,018万m³であった。令和6年度については、セメントが前年度比1.2%増加の3,500万t、生コンクリートが前年度比1.2%増加の7,100万m³と見通される。

<骨材、砕石>

令和6年度については、砕石が9,600万m³と見通される。

※令和元年度をもって「砕石等動態統計調査」が中止されたため、令和2年度の見通しより「骨材」の掲載を取りやめ、「砕石」のみを掲載している。砕石の見通しの値は令和元年度までの「砕石

等動態統計調査」と今年度の「建設投資見通し」、「生コンクリート、アスファルトの需要見通し」を利用して推計を行った。

<木材>

令和5年度における需要量実績は、前年度比7.2%減少の792万m³であった。令和6年度については、前年度比2.2%減少の775万m³と見通される。

<普通鋼鋼材、形鋼、小形棒鋼>

令和5年度における需要量実績は、普通鋼鋼材が前年度比3.7%減少の1,682万t、うち形鋼が前年度比6.0%減少の387万t、小形棒鋼は前年度比3.6%減少の618万tであったと推計される。令和6年度については、普通鋼鋼材が前年度比1.1%増加の1,700万t、うち形鋼が1.9%減少の380万t、小形棒鋼が1.4%減少の610万tと見通される。

<アスファルト>

令和5年度における需要量実績は、前年度比4.2%減少の94万tであった。令和6年度については、前年度比3.9%減少の90万tと見通される。

統計

表一 主要建設資材の需要量実績及び推計

資材名称	単位	需 要 量			伸 び 率	
		令和4年度 実績	令和5年度 実績	令和6年度 見通し	R5 / R4	R6 / R5
セメント	万 t	3,728	3,458	3,500	-7.3%	1.2%
生コンクリート	万 m ³	7,445	7,018	7,100	-5.7%	1.2%
砕 石	万 m ³	3,635	3,102	9,600	-14.7%	-
木 材	万 m ³	854	792	775	-7.2%	-2.2%
普通鋼鋼材	万 t	1,747	1,682	1,700	-3.7%	1.1%
形 鋼	万 t	412	387	380	-6.0%	-1.9%
小形棒鋼	万 t	642	618	610	-3.6%	-1.4%
アスファルト	万 t	98	94	90	-4.2%	-3.9%

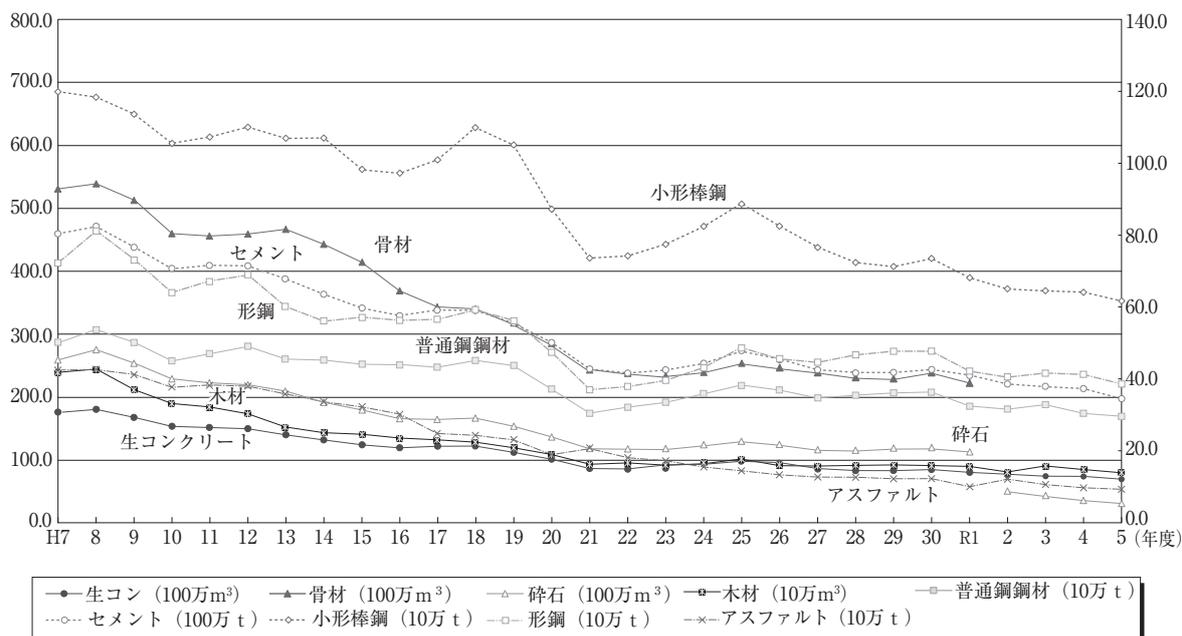
- (注1) 本見通しは、「令和6年度建設投資見通し（国土交通省 総合政策局 情報政策課 建設経済統計調査室 令和6年8月30日公表）」をもとに推計したものである。
- (注2) 各資材の対象は、セメントは〔内需要〕、生コンクリート、砕石は〔出荷量〕、木材は〔製材品出荷量〕、普通鋼鋼材、形鋼は〔建設向け受注量〕、小形棒鋼は〔建設向け出荷量〕、アスファルトは〔建設向け等内需要〕。
- (注3) 本見通しの有効数字は、セメントは〔100万t〕、生コンクリート、砕石は〔100万m³〕、木材は〔25万m³〕、普通鋼鋼材、形鋼及び小形棒鋼は〔10万t〕、アスファルトは〔5万t〕。
- (注4) 需要量における実績のうち、令和元年度以降の砕石、平成30年度以降の小形棒鋼は推計値を使用している（イタリック体）。
- (注5) 令和2年度以降の砕石の実績は（一社）日本砕石協会の「砕石動態調査」の出荷量の値を立米数へ推計し掲載している。

表一 主要建設資材の国内需要量実績の推移

国土交通省 不動産・建設経済局 大臣官房参事官(建設人材・資材)付
令和6年10月18日現在

	セメント (内需要)		生コンクリート (出荷量)		骨材 (供給量)		砕石 (出荷量)		木材 (製材品出荷量)		普通鋼鋼材 (建設向け受注量)				アスファルト (建設向け等内需要)			
	千 t	前年度比 (%)	千 m ³	前年度比 (%)	千 t	前年度比 (%)	形鋼 (建設向け受注量)		小形棒鋼 (建設向け出荷量)		千 t	前年度比 (%)						
													千 t	前年度比 (%)	千 t	前年度比 (%)		
H7年度	80,377	▲0.8	175,723	▲0.0	530,625	▲0.4	258,875	▲0.4	23,880	▲6.7	28,667	2.8	7,226	1.2	11,988	1.3	4,243	▲2.7
8年度	82,417	▲2.5	180,256	2.6	538,750	1.5	275,125	6.3	24,395	2.2	30,659	6.9	8,114	12.3	11,836	▲1.3	4,266	0.5
9年度	76,573	▲7.1	167,292	▲7.2	512,500	▲4.9	253,250	▲8.0	21,103	▲13.5	28,642	▲6.6	7,303	▲10.0	11,373	▲3.9	4,117	▲3.5
10年度	70,719	▲7.6	153,308	▲8.4	459,375	▲10.4	228,688	▲9.7	18,924	▲10.3	25,715	▲10.2	6,399	▲12.4	10,554	7.2	3,777	▲8.3
11年度	71,515	1.1	151,167	▲1.4	455,625	▲0.8	222,438	▲2.7	18,396	▲2.8	26,863	4.5	6,704	4.8	10,726	1.6	3,823	1.2
12年度	71,435	▲0.1	149,483	▲1.1	458,750	0.7	219,156	▲1.5	17,282	▲6.1	28,024	4.3	6,896	2.9	11,001	2.6	3,804	▲0.5
13年度	67,811	▲5.1	139,588	▲6.6	466,250	1.6	209,089	▲4.6	15,196	▲12.1	26,004	▲7.2	6,011	▲12.8	10,695	2.8	3,580	▲5.9
14年度	63,514	▲6.3	131,413	▲5.9	442,500	▲5.1	191,503	▲8.4	14,270	▲6.1	25,828	▲0.7	5,615	▲6.6	10,700	0.0	3,366	▲6.0
15年度	59,687	▲6.0	123,735	▲5.8	414,237	▲6.4	179,269	▲6.4	14,042	▲1.6	25,177	▲2.5	5,704	1.6	9,827	▲8.2	3,229	▲4.1
16年度	57,569	▲3.5	118,982	▲3.8	368,750	▲11.0	165,265	▲7.8	13,446	▲4.2	25,066	▲0.4	5,623	▲1.4	9,725	1.0	3,014	▲6.7
17年度	59,089	2.6	121,549	2.2	343,130	▲6.9	164,219	▲0.6	13,161	▲2.1	24,703	▲1.4	5,659	0.6	10,089	3.7	2,478	▲17.8
18年度	58,985	▲0.2	121,903	0.3	340,000	▲0.9	166,472	1.4	12,791	▲2.8	25,781	4.4	5,926	4.7	10,991	8.9	2,400	▲3.1
19年度	55,506	▲5.9	111,881	▲8.2	317,500	▲6.6	153,616	▲7.7	11,912	▲6.9	24,984	▲3.1	5,616	▲5.2	10,508	▲4.4	2,323	▲3.2
20年度	50,087	▲9.8	101,009	▲9.7	285,000	▲10.2	136,105	▲11.4	10,809	▲9.3	21,240	▲15.0	4,738	▲15.6	8,722	▲17.0	1,882	▲19.0
21年度	42,732	▲14.7	86,300	▲14.8	243,750	▲14.5	118,691	▲12.8	9,282	▲14.1	17,384	▲18.2	3,696	▲22.0	7,360	▲15.6	2,092	11.2
22年度	41,614	▲2.6	85,278	▲0.9	237,500	▲2.6	117,084	▲1.4	9,498	2.3	18,473	6.3	3,791	2.6	7,450	1.2	1,796	▲14.2
23年度	42,650	2.5	87,964	3.1	233,125	▲1.8	116,998	▲0.1	9,217	▲3.0	19,243	4.2	3,973	4.8	7,759	4.2	1,739	▲3.1
24年度	44,577	4.5	92,098	4.7	238,130	2.1	121,670	4.0	9,380	1.8	20,604	7.1	4,314	8.6	8,234	6.1	1,566	▲10.0
25年度	47,705	7.0	98,849	7.3	253,130	6.3	129,390	6.3	10,232	9.1	21,920	6.4	4,886	13.3	8,824	7.2	1,455	▲7.1
26年度	45,551	▲4.5	94,014	▲4.9	248,750	▲1.7	124,780	▲3.6	9,249	▲9.6	21,071	▲3.9	4,570	▲6.5	8,289	▲6.1	1,329	▲8.6
27年度	42,668	▲6.3	87,077	▲7.4	239,375	▲3.8	116,970	▲6.3	9,199	▲0.5	19,897	▲5.6	4,481	▲1.9	7,698	▲7.1	1,288	▲3.2
28年度	41,777	▲2.1	83,912	▲3.6	230,000	▲3.9	113,843	▲2.7	9,226	0.3	20,493	3.0	4,677	4.4	7,206	6.4	1,270	▲1.3
29年度	41,876	0.2	83,701	▲0.3	228,125	▲0.8	116,653	2.5	9,288	0.7	20,747	1.2	4,759	1.8	7,125	▲1.1	1,239	▲2.5
30年度	42,589	1.7	85,481	2.1	239,569	5.0	118,761	1.8	9,190	▲1.1	20,912	0.8	4,780	0.4	7,360	3.3	1,242	0.3
R01年度	40,970	▲3.8	81,959	▲4.1	222,971	▲6.9	114,020	▲4.0	9,027	▲1.8	18,646	▲10.8	4,238	▲11.3	6,827	▲7.2	997	▲19.8
02年度	38,670	▲5.6	78,180	▲4.6	-	-	50,348	-	8,131	▲9.9	18,167	▲2.6	4,056	▲4.3	6,511	▲4.6	1,211	21.5
03年度	37,882	▲2.0	76,099	▲2.7	-	-	43,301	▲14.0	9,116	12.1	18,894	4.0	4,164	2.7	6,464	▲0.7	1,062	▲12.3
04年度	37,280	▲1.6	74,452	▲2.2	-	-	36,353	▲16.0	8,537	▲6.4	17,471	▲7.5	4,118	▲1.1	6,415	▲0.8	978	▲7.9
05年度	34,577	▲7.3	70,182	▲5.7	-	-	31,023	▲14.7	7,923	▲7.2	16,818	▲3.7	3,872	▲6.0	6,184	▲3.6	937	▲4.2

- (注1) 各資材の需要量は四捨五入して算出しているため、各月の合計と年度計とは一致しない。
 - (注2) 前年度比欄の▲はマイナス。
 - (注3) 骨材は、平成29年度以降は推計値（イタリック体）で、砕石は令和元年度以降は推計値（イタリック体）となっている。骨材についてはR2年度より掲載中止。砕石はR2年度より「砕石動態調査」の「出荷量」の数値を立米数へ推計し掲載。
 - (注4) 木材のH23年度実績値には、東日本大震災の影響により、平成23年4月～6月の岩手県、宮城県及び福島県分の出荷量が含まれていない。
 - (注5) 小形棒鋼は、平成30年度以降は推計値（イタリック体）で、（一社）日本鉄鋼連盟の資料の値（国内向け受注総量から国内建設向け受注量を推計したもの）。
- (出典) ・セメント…（一社）セメント協会（セメント需給実績）
 ・骨材・砕石… 経済産業省「骨材需給表」「砕石等統計年報」、（一社）日本砕石協会「砕石動態調査」
 ・アスファルト… 石油連盟資料（石油アスファルト統計月報）
 ・木材… 農林水産省資料（製材統計）
 ・生コンクリート… 全国生コンクリート工業組合連合会・協同組合連合会（出荷実績の推移）
 ・普通鋼鋼材、形鋼…（一社）日本鉄鋼連盟資料
 ・小形棒鋼… 経済産業省「鉄鋼需給動態統計調査」、（一社）日本鉄鋼連盟資料



(注) グラフの見方 ・実線(生コンクリート, 骨材, 砕石, 木材, 普通鋼鋼材)については左軸, 点線(セメント, 小形棒鋼, 形鋼, アスファルト)については右軸を参照。
 ・骨材は, 平成 29 年度以降は推計値, 砕石は令和元年度以降は推計値で, 経済産業省「砕石等統計年報」「砕石等統計四半期報」「骨材需給表」をもとに算出。
 砕石は令和 2 年度以降は (一社)日本砕石協会の「砕石動態調査」をもとに算出しているためグラフは分割している。
 ・木材の H22・H23 年度実績値には, 東日本大震災の影響により, 平成 23 年 2 月～6 月の岩手県, 宮城県及び福島県分の出荷量が含まれていない。
 ・小形棒鋼は, 平成 30 年度以降は推計値で, (一社)日本鉄鋼連盟の資料の値 (国内向け受注総量から国内建設向け受注量を推計したもの)。
 《資料出所》○セメント… (一社)セメント協会 (セメント需給実績) ○木材… 農林水産省 (製材統計)
 ○生コンクリート… 全国生コンクリート工業組合連合会・協同組合連合会 (出荷実績の推移) ○普通鋼鋼材・形鋼… (一社)日本鉄鋼連盟 資料
 ○骨材… 経済産業省 (骨材需給表) ○小形棒鋼… (一社)日本鉄鋼連盟 資料
 ○砕石… 経済産業省 (砕石等統計年報, 採石業者の業務の状況に関する報告書の集計結果) ○アスファルト… 石油連盟 (石油アスファルト統計月報) (一社)日本砕石協会 (砕石動態調査)

図一 主要建設資材需要量の年度推移

4. 目的

建設事業に使用される主要な建設資材の令和 6 年度における年間需要量の見通しを公表することにより, 建設資材の安定的な確保を図り, 円滑な建設事業の実施に資することを目的とするものである。

5. 対象建設資材

(1) セメント, (2) 生コンクリート, (3) 砕石, (4) 木材, (5) 普通鋼鋼材, 形鋼, 小形棒鋼及び (6) アスファルトの 6 資材 8 品目を対象としている。

6. 需要見通し推計方法

令和 6 年度の主要建設資材の需要見通しは, 「令和 6 年度 建設投資見通し (国土交通省 総合政策局 情報政策課 建設経済統計

調査室 令和 6 年 8 月 30 日公表)」の建築 (住宅, 非住宅), 土木 (政府, 民間) 等の項目ごとの建設投資見通し (実質値) に, 建設資材ごとの原単位 (工事費 100 万円当たりの建設資材需要量) を乗じ, さらに各建設資材の需要実績等を考慮して, 令和 6 年度の主要な建設資材の国内需要の推計を行った (建築補修 (改装・改修) 投資を除く)。

7. 建設資材の需要見通しの対象

建設資材の需要見通しの対象は, 次のとおりである。

(1) セメント

国内メーカーの国内販売量に海外メーカーからの輸入量を加えた販売等の量を対象としている。

「内需量」= 「国内販売量」+ 「輸入量」

なお, 表一 2 及び図一 2 の令和 4 年度までは実績で, (一社)セ

統計

メント協会の「セメント需給実績」の値を用いている。

(2) 生コンクリート

全国生コンクリート工業組合連合会組合員工場の出荷量とその他の工場の推定出荷量とを加えた出荷量を対象としている。

「出荷量」＝「組合員工場出荷量」＋「その他工場推定出荷量」

なお、表－2及び図－2の令和4年度までは実績で、全国生コンクリート工業組合連合会・協同組合連合会の「出荷実績の推移」の値を用いている。

(3) 骨材

国内における供給量を対象としている。

なお、表－2及び図－2の令和元年度までは実績で、経済産業省の「骨材需給表」をもとに算出した値である。令和2年度以降は経済産業省の「砕石等動態統計調査」が終了したため、掲載を取りやめる。

(4) 砕石

メーカーの国内向け出荷量を対象としている。

なお、表－2及び図－2の令和元年度までは「砕石等動態統計調査」の実績、令和2年度以降は（一社）日本砕石協会の「砕石動態調査」における出荷量の値を立米数へ推計し、掲載している。

(5) 木材

国内メーカーの製材品出荷量を対象としており、建設向け以外の量を含んでいる。また、製材用素材として外材を含んでいる。

なお、表－2及び図－2の令和4年度までは実績で、農林水産省「製材統計」の値を用いている。

(6) 普通鋼鋼材及び形鋼

国内メーカーの国内建設向け受注量を対象としている。

なお、表－2及び図－2の令和4年度までは実績で、（一社）日本鉄鋼連盟の資料の値（国内向け受注総量から国内建設向け受注量を推計したもの）を用いている。

(7) 小形棒鋼

国内メーカー及び国内販売業者からの国内建設向け出荷量を対象としている。ただし、海外メーカーからの輸入量は含まれていない。

また、表－2及び図－2の平成29年度までは実績、なお数値は、経済産業省の「鉄鋼需給動態統計調査」の値を用いて算出している。平成30年度以降は経済産業省の「鉄鋼需給動態統計調査」等を用いた推計値。

(8) アスファルト

国内メーカーの建設向けストレートアスファルト内需量のうち、燃焼用及び工業用を除いた国内建設向け等内需量を対象としている。

「建設向け等内需量」＝

「国内建設向け内需量」＋「建設向け輸入量」

なお、表－2及び図－2の令和4年度までは実績で、石油連盟の「石油アスファルト統計月報」の値を用いている。

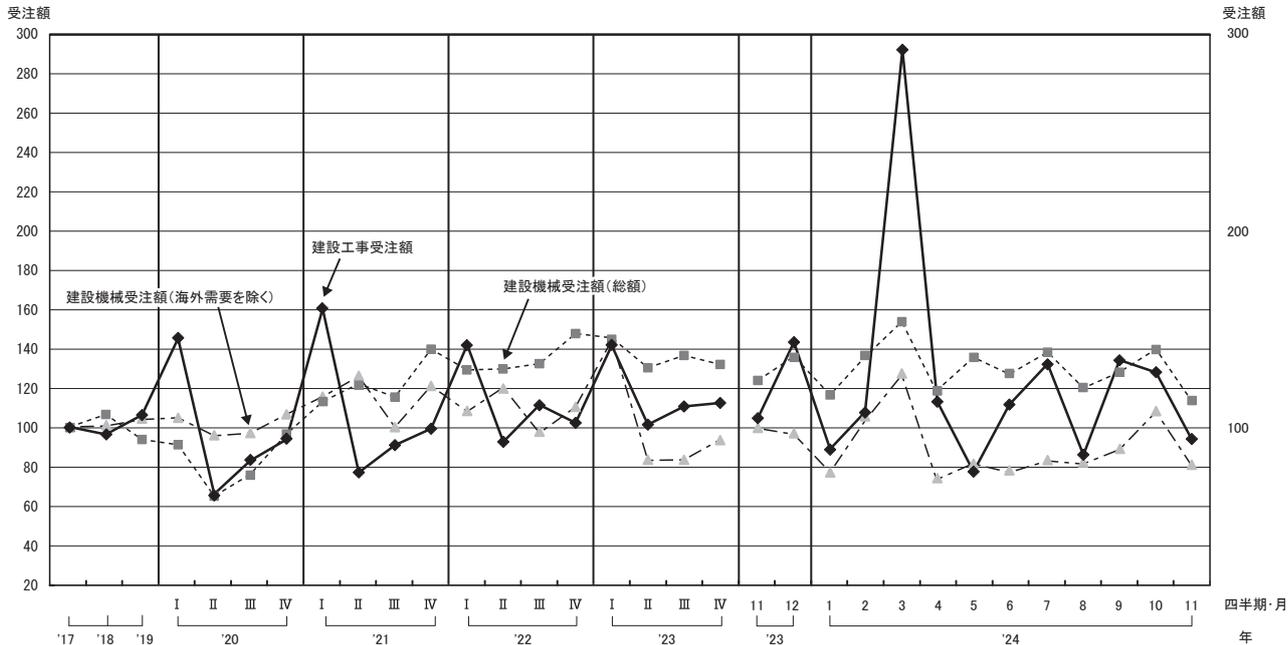
8. おわりに

「主要建設資材需要見通し」は、国土交通省のホームページで公表しているので参照されたい。（https://www.mlit.go.jp/report/press/tochi_fudousan_kensetsugyo14_hh_000001_00241.html）

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 2017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 2017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							
2017 年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5,183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220
2018 年	142,169	100,716	24,513	76,207	30,632	8,561	5,799	95,252	46,914	166,043	141,691
2019 年	156,917	114,317	24,063	90,253	29,957	5,319	7,308	109,091	47,829	171,724	150,510
2020 年	143,170	97,457	19,848	77,610	35,447	5,225	4,175	91,725	51,443	171,740	141,261
2021 年	157,839	111,240	22,528	88,713	38,056	4,671	3,874	106,034	51,806	192,900	137,853
2022 年	165,482	119,900	33,041	86,862	33,436	5,252	6,898	114,984	50,496	207,841	130,901
2023 年	172,094	121,790	31,098	90,690	40,060	5,360	4,883	117,929	54,164	217,576	161,186
2023 年 11 月	12,872	9,824	2,094	7,730	2,032	385	631	9,359	3,513	218,161	12,726
12 月	17,660	12,721	6,000	6,721	4,097	379	463	13,002	4,658	217,576	17,838
2024 年 1 月	10,931	7,371	1,467	5,904	2,871	391	298	7,657	3,273	218,177	10,491
2 月	13,237	8,390	2,925	5,465	4,001	365	481	7,965	5,273	219,504	12,360
3 月	36,119	22,688	4,005	18,682	10,808	486	2,137	21,526	14,593	231,850	21,578
4 月	13,894	10,066	2,641	7,425	3,122	443	263	9,326	4,568	233,782	10,214
5 月	9,497	6,682	2,500	4,182	1,846	474	495	6,087	3,410	231,352	11,721
6 月	13,725	9,632	2,221	7,410	2,638	460	995	9,394	4,332	229,504	15,537
7 月	16,233	13,082	3,830	9,252	2,234	408	509	12,558	3,675	234,172	10,884
8 月	10,745	7,213	1,676	5,537	2,389	649	494	6,982	3,764	232,972	12,542
9 月	16,514	11,835	3,195	8,640	4,410	470	-200	10,698	5,816	232,437	17,302
10 月	15,846	11,841	2,704	9,137	2,733	444	829	11,419	4,427	236,704	11,626
11 月	11,564	8,959	2,356	6,603	1,812	422	372	8,371	3,193	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	17 年	18 年	19 年	20 年	21 年	22 年	23 年	23 年 11 月	12 月	24 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月
総 額	21,535	22,923	20,151	17,646	26,393	29,024	29,315	2,221	2,442	2,089	2,451	2,767	2,115	2,434	2,291	2,476	2,190	2,298	2,504	2,038
海 外 需 要	14,912	16,267	13,277	10,966	18,737	21,816	22,627	1,673	1,911	1,665	1,869	2,066	1,712	1,989	1,863	2,018	1,731	1,809	1,909	1,593
海外需要を除く	6,623	6,656	6,874	6,680	7,656	7,208	6,688	548	531	424	582	701	403	445	428	458	459	489	595	445

(注) 2017～2019年は年平均で、2020～2023年は四半期ごとの平均値で図示した。
 2023年11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

(2024年12月1～31日)

機械部会



■コンクリート機械技術委員会

月日：12月4日(水)(会議室, Web 併行開催)

出席者：笹谷武委員長ほか13名

議題：①前回の議事録確認 ②技術発表：エクセン(株)「内部振動機(コンクリート締固用棒状パイプレタ)の概要紹介」 ③R7年度の計画, 活動内容, 見学会について議論 ④JIS, ISO 関連：JIS見直しの対応について

■原動機技術委員会

月日：12月5日(木)(会議室, Web 併行開催)

出席者：工藤睦也委員長ほか23名

議題：①委員長交代の報告 ②前回の議事録確認 ③国内次期排出ガス規制に関する情報交換：業界5団体打合せ(11/6(水))の概要報告, 陸内協別添43改正WGの活動状況の情報共有 ④海外排出ガス規制の動向に関する情報交換：北米, その他の国の状況について報告 ④カーボンニュートラルに関する情報交換：カーボンニュートラル燃料の動向について, 陸内協フォーラム(10/16(水))の発表案件の紹介

■建築生産機械技術委員会(クローラクレーン作業燃費分科会)

月日：12月9日(月)(会議室, Web 併行開催)

出席者：石倉武久委員長ほか9名

議題：①(株)タダノ作成のJCMAS草案の検討：内容について議論, 各試験の作業割合について議論 ②今後の進め方, スケジュールについて議論

■基礎工専用機械技術委員会

月日：12月11日(水)(会議室での対面開催)

出席者：越田健委員長ほか21名

議題：①小野田ケミコン(株)による技術プレゼン：「地盤改良工法について」 ②2月開催予定の見学会の概要説明 ③技術プレゼン, 見学会など今後のスケジュールについて

■トンネル機械技術委員会 通信機器, 設備に関する調査WG

月日：12月13日(金)(会議室, Web 併行開催)

出席者：浅沼廉樹リーダーほか16名

議題：①通信機器, 設備に関する技術紹介と意見交換：(株)レッツコーポレーション, ソフトバンク(株)の技術紹介 ②次回以降の予定について ③WG活動報告書のまとめ方について議論

■トンネル機械技術委員会 脱炭素の取組に関する調査WG

月日：12月16日(月)(会議室, Web 併行開催)

出席者：椎橋孝一郎リーダーほか19名

議題：①脱炭素に関する技術紹介と意見交換：伊藤忠エネクス(株), ケーティーマシナリー(株) ②WG活動報告書のまとめ方について議論

■基礎工専用機械技術委員会・JCMAS「基礎工専用機械作業エネルギー消費量試験方法」作成WG

月日：12月18日(水)(会議室開催)

出席者：濱口貴和リーダーほか10名

議題：①WGリーダーの選出 ②WG名称の決定 ③活動内容, 進め方, スケジュールについて議論

■トンネル機械技術委員会・幹事会

月日：12月18日(水)(会議室, Web 併行開催)

出席者：浅沼廉樹委員長ほか10名

議題：①第5回, 6回WGの報告 ②技術講演会に関して講演会までの実施事項について確認 ③R7年度活動計画について議論：調査活動の内容, 見学会候補地について

■除雪機械技術委員会

月日：12月19日(木)(会議室, Web 併行開催)

出席者：白樫純委員長ほか21名

議題：①委員長交代の報告, 挨拶 ①国交省から除雪に関する状況報告：建仕, 購入仕様書ひな形の改訂に関する報告 ②除雪機械の特殊仕様の標準化検討について結果報告 ③自動化, 情報化対応関連, 他技術についての情報共有：ダイナミックマッププラットフォーム Axyz(株)による技術プレゼン「高精度3次元地図を活用した除雪支援システムの社会実装に向けて」

■路盤・舗装機械技術委員会・JCMAS「ロードローラ作業エネルギー消費量試験方法」作成WG

月日：12月20日(金)(会議室, Web 併行開催)

出席者：柴田大地リーダーほか11名

議題：①JCMAS草案について議論 ②GX建設機械認定制度の機種追加に向けての議論 ③今後の進め方とスケジュールについて議論

■油脂技術委員会

月日：12月24日(火)(会議室, Web 併行開催)

出席者：石川広二委員長ほか22名

議題：①燃料エンジン油関係：カーボンニュートラル燃料の動向に関する報告 ②JCMASの改正について：進捗状況の報告 ③高粘度指数作動油関係：高粘度指数作動油の規格制定準備状況について ④規格普及促進関係：JAMA Lube Oil Seminar 2025 関連(発表資料, 招待者の確認), オンファイル状況の報告 ⑤その他：油脂技術委員会の運営体制と役割分担について, 次回委員会の日程について

■JCMS 油脂規格普及促進協議会運営委員会

月日：12月24日(火)(会議室, Web 併行開催)

出席者：石川広二委員長ほか11名

議題：①R5年度オンファイルの状況の報告 ②JCMS 油脂技術委員会の活動状況の報告 ③意見交換

標準部会



■ISO/TC 127/SC 3/WG 13 ISO/TR 6750 取扱説明書 国際バーチャルWG会議

月日：12月3日(火)夜

出席者：スウェーデン Olsson コンビナー (AFRY社), 日本から小塚大輔委員長(コマツ)ほか8名

場所：Web上 (ISO Zoom)

議題：①ISO/TR 6750-2改訂：案文にISO 21815やISO13469などへの引用を織り込むべく, CIBにてSC3に諮る方針 ②ISO 6750-1改訂：3月上旬定期見直し投票終了後に対応決定する方針 ③ISO/TR 6750-2 CIB投票：2月12日締切, ISO 6750-1改訂：3月18日のSC3総会で審議予定

■ISO/TC 195/SC 1 コンクリート機械委員会

月日：12月4日(水)

出席者：川上晃一委員長(日工)ほか13名
場所：機械振興会館会議室及びWeb上 (ISO Zoom)

議題：①TC 195国際会議報告 ②SC1総会報告 ③宿題事項対応協議 ④次回開催日程(2025年2月20日)

■ISO/TC 127/SC 3/JWG 16 ISO 24882 サイバーセキュリティ 国際バーチャルWG会議

月日：12月4日(水)夜

出席者：米国 Flaugher コンビナー (Deere社), 日本から小塚大輔委員長(コマツ)

ほか19名

場 所: Web上 (MS Teams)

議 題: ① ISO24882 CD 案文作成に向けた審議 ②次回開催日程 (2025年4月14~15日, ドイツ・フランクフルトで開催予定)

■ ISO/TC 127/SC 3/WG 5 ISO 15143 施工現場情報交換 国際バーチャル WG 会議

月 日: 12月5日 (木) 昼

出席者: 米国 Deere 社 Bollweg 氏, 日本から中川智裕氏 両共同コンビナーほか21名

場 所: Web上 (ISO Zoom)

議 題: ①1月デンバー WG 会議準備確認 ②第3部, 第5部の専門家登録の再確認 ③今後の予定 (1月27~31日に米国デンバーで開催予定)

■ JIS A 8341-4 機能安全 (第4部) 第1回原案作成分科会

月 日: 12月6日 (金)

出席者: 田中昌也主査(コマツ)ほか8名

場 所: Web上 (Zoom)

議 題: JIS 原案の審議 (意見シート NO.1~NO.60の検討)

■ ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 ISO 21815 衝突警報及び回避および ISO/PWI 25366 運転員能力補強 国際 WG 会議 (ハイブリッド)

月 日: 12月9日 (月)~13日 (金)

出席者: 対面にて岡ゆかりコンビナー(コマツ), 米国 Deere 社 Kittle プロジェクターリーダーほか12名, Webより海外6名

場 所: 機械振興会館 6-64 会議室および Web上 (Zoom)

議 題: ① ISO 21815 第5部「その他の機械動作のリスク範囲及び程度」案文審議 ② ISO/PWI 25366「運転員能力補強」スコープ審議 ③今後の予定 (2月24~28日に米国デンバーで開催予定)

■ JIS A 8341-4 機能安全 (第4部) 第2回原案作成分科会

月 日: 12月11日 (水)

出席者: 田中昌也主査(コマツ)ほか7名

場 所: Web上 (Zoom)

議 題: JIS 原案の審議 (意見シート NO.61~NO.104の検討)

■ JIS A 8341-4 機能安全 (第4部) 第3回原案作成分科会

月 日: 12月18日 (水)

出席者: 田中昌也主査(コマツ)ほか10名

場 所: Web上 (Zoom)

議 題: JIS 原案の審議 (意見シート NO.105~NO.173の検討)

■ ISO/TC 127/WG 17 ISO 5757 RESS などの電気エネルギー再生システムを用いる機械 国際バーチャル WG 会議

月 日: 12月18日 (水) 夜

出席者: 米国 Spomer コンビナー (Bobcat 社), 日本から小塚大輔委員長(コマツ)

ほか15名が Web 参加

場 所: Web上 (ISO Zoom)

議 題: ① ISO/DTR 5757 投票入り報告 ②建機電動化に伴いメンテが必要な規格のリスト及び対応案の審議 ③今後の予定 (3月4~6日)

■ ISO/TC 127 土工機械委員会 国内委員会 総会

月 日: 12月20日 (金)

出席者: 小塚大輔(コマツ)委員長ほか31名

場 所: Web上 (ISO Zoom)

議 題: ①親 TC 127, SC 1~SC 4 活動計画及び審議状況報告 ②投票案件 ③ TC 127 ドイツ・ハンブルク国際総会 (3月16~20日) 概要説明

■ ISO/TC 195/SC 1/WG 10 コンクリート用振動機 国内専門家会合

月 日: 12月26日 (木)

出席者: 小倉公彦コンビナー (JCMA 事務局) ほか2名

場 所: Web上 (ISO Zoom)

議 題: ① ISO/CD 18651 コンクリート内部振動機-用語及び商業仕様 CD 意見照会コメント検討・DIS 案文検討 ②今後の予定

建設業部会

■ クレーン安全情報 WG

月 日: 12月6日 (金)

出席者: 猪又勝美主査ほか8名 (内, Zoom 参加1名)

議 題: ①移動式クレーン運転士安全衛生教育における「クレーン安全協議会」名称変更について ②移動式クレーン運転士安全衛生教育更新講習『災害ゼロに向けて』2025年度改訂に向けた準備報告(事故事例報告) ③クレーンの最新動向ヒアリング(5社)のまとめ報告 ④事故事例発表 ⑤その他

■ 三役会

月 日: 12月12日 (木)

出席者: 坂下誠部会長ほか4名

議 題: ①11/19 機電交流企画 WG 報告 ②11/20 建設業 ICT 安全 WG 報告 ③11/21「令和6年度若手現場見学会」報告 ④12/6 クレーン安全情報 WG 報告 ⑤その他

■ 機電交流企画 WG

月 日: 12月19日 (木)

参加者: 篠宮政幸主査ほか4名

議 題: ①令和6年度(2024年)第24回機電技術者意見交換会報告書の途中報告(篠宮主査) ②その他

レンタル業部会

■ コンプライアンス分科会

月 日: 12月3日 (火) (Web 会議併用)

出席者: 間庭分科会長ほか11名

議 題: ①部会長・分科会長挨拶 ②「お客様の安全技術情報の集約と現状のまとめの検討」について ③各社からの報告事項・情報交換

■ レンタル業部会

月 日: 12月5日 (木) (Web 会議併用)

出席者: 飛山部会長ほか15名

議 題: ①部会長挨拶 ②コンプライアンス分科会活動報告 ③各社の取組事項, 部会員共通の問題, 課題について ④その他

各種委員会等

■ 機関誌編集委員会

月 日: 12月4日 (水)

出席者: 中野正則委員長ほか25名

議 題: ①令和7年3月号(第901号)計画の審議・検討 ②令和7年4月号(第902号)素案の審議・検討 ③令和7年5月号(第903号)編集方針の審議・検討 ④令和6年12月号~令和7年2月号(第898~900号)進捗状況報告・確認 ※通常委員会及び Zoom にて実施

■ 新工法調査分科会

月 日: 12月18日 (水)

出席者: 石坂仁分科会長ほか3名 (内, Zoom 参加1名)

議 題: ①新工法情報の持ち寄り検討 ②新工法紹介データまとめ ③その他

支部行事一覧

北海道支部

■ 令和6年度北海道支部親睦会

月 日: 12月6日 (金)

場 所: ANA クラウンプラザホテル札幌

出席者: 柳屋勝彦支部長ほか62名

■ 北海道開発局との機械防災エキスパート会議

月 日: 12月12日 (木)

場所：札幌第1合同庁舎 第1共用議室
出席者：機械防災エキスパート（事務局含む）18名、北海道開発局9名
内容：①機械防災エキスパート新規登録者紹介、活動報告 ②北海道開発局からの情報提供 ③令和7年度活動計画（案） ④その他

■令和6年度第4回除雪機械技術講習会の打合せ

月日：12月16日（月）
場所：かでの2・71010 会議室
出席者：巖博技術部会副部会長ほか11名
議題：①令和6年度実施結果 ②令和7年度実施計画 ③その他

東北支部



■令和6年度 除雪講習会（臨時）

月日：12月4日（水）
場所：JCMA 東北支部会議室
受講者：5名

■令和6年度 青森県 ICT 施工活用セミナー

月日：12月5日（木）
場所：アピオ青森
事例紹介：ICT 活用事例と内製化
講演：ICT 活用工事の定着に向けて
受講者数：40名
講師：鈴木委員長

■第2回 企画部会

月日：12月9日（月）
出席者：山尾昭企画部会長ほか4名
議題：①第2回支部運営委員会について ②令和6年度上半期事業報告について ③令和6年度上半期事業決算状況について ④情報提供

■令和6年度 基礎技術講習会（インフラDX）（主催：東北土木技術人材育成協議会）

【座学1】インフラDX 概論（講師：東北地方整備局 企画部）
【実習1】AR・MR 体験、遠隔臨場体験、AI 配筋探査ほか（講師：東北地方整備局・JCMA 東北支部）
【座学2】BIM/CIM 概論（講師：（一社）建設コンサルタンツ協会 東北支部）
【実習2】3次元CAD 点群体験実践演習（講師：（一社）OFC 東北支部）

⑨9回目

場所：東北技術事務所 研修棟
月日：12月12日（木）
受講者：18名

■第2回 支部運営委員会

月日：12月16日（月）
場所：仙台市 仙台サンブラザ
出席者：高橋弘支部長ほか35名
議題：①令和6年度上半期事業報告について ②令和6年度上半期事業決算

状況について ③情報提供

■東北地方整備局「インフラDX（点群処理体験実習）」研修 Ⅲ期

月日：12月18日（水）、19日（木）
場所：東北技術事務所 研修棟
【実習】①点群処理体験実習（点群データ処理編） ②点群処理体験実習（数量算出・出来形編）
受講者：17名

■令和6年度 青森県農業農村整備のICT活用工事発注者研修会

月日：12月20日（金）
場所：青森県土地改良会館 5階中会議室
【座学】①ICT 活用工事の概要 ②農業整備のICT 適用例 ③3次元データの活用 ④ICT 工事の監督・検査
講師：鈴木委員長、須賀川委員
受講者：27名

北陸支部



■ゆきみらい2025 n上越「除雪機械展示・実演会」出展者会議

月日：12月3日（火）
場所：新潟県上越市 リージョンプラザ上越 会議室
参加者：出展予定者：10社15名（2社欠席）、事務局：本部水口部長ほか5名
内容：①ゆきみらい2025 in 上越実行委員会資料について ②前回までの開催状況について ③出展者状況、担当者連絡先等について ④会場事前調査結果及びブース配置案、工程について ⑤搬入搬出の各社計画中間報告について ⑥その他

■路面消・融雪施設等設計要領改訂「第1回事務局会議」

月日：12月11日（水）
場所：北陸地方整備局 5F 会議室
参加者：北陸地方整備局企画部施工企画課小林補佐ほか6名
内容：①編集委員会・幹事会合同開催について ②委員・幹事の委嘱について ③会議資料について ④その他

■北陸地方整備局 第2回新技術活用評価会議

月日：12月17日（火）
場所：北陸技術事務所 1階大会議室
出席者：星野施工技術部会長
内容：①事後評価：アンカー名人（あと施工アンカー補助金具）KT-190004、ヒノダクパイル（ダクタイトル鉄製基礎杭・省スペース基礎工法）QS-190022、大型連結ブロックの簡単

吊金具KT-220241 ②有用な技術の選定 ③令和7年度推奨技術候補の選定

■監査法人による北陸支部監査

月日：12月18日（水）
場所：北陸支部事務局
監査者：八重洲監査法人公認会計士2名 本部森園課長随員
内容：①概況ヒアリング（組織体制、収支状況、会員状況等） ②預貯金関係（現金、通帳） ③収益関係、会員の管理状況、経費関係、貸借対照表等

■けんせつフェア北陸2025 in 新潟（仮称）準備会

月日：12月25日（水）
場所：北陸地方整備局 4F 会議室
出席者：北陸支部 浦澤（Web参加）
議題：①けんせつフェア北陸2025 in 新潟（仮称）について ②実行委員会規約（案）について ③実施計画（案）について ④出展募集要領（案）について ⑤予算計画（案）について

■令和6年度 第2回 企画部会

月日：12月25日（水）
場所：興和ビル 10F 大会議室
出席者：穂苅企画部会長ほか16名
議題：①ゆきみらい2025 in 上越「除雪機械展示・実演会」について ②ゆきみらい実行委員会資料、チラシ、ホームページについて ③出展者応募状況、展示ブース計画、各社展示計画について ④実演計画について ⑤今後のスケジュール、搬入搬出計画、会場整備計画について ⑥会場スタッフ計画について

中部支部



■i-Construction 出前講習会

月日：12月13日（金）
依頼企業：徳倉建設㈱
場所：名古屋港湾会館
参加者：徳倉建設㈱社員及び協力会社社員約100名
講師：サイテックジャパン㈱鈴木勇二氏ほか3名

■令和6年度公共工事（機械関係）の諸課題に関する意見交換会

月日：12月19日（木）
場所：名古屋市ナカトウ丸の内ビル 2F 会議室
参加者：中部地方整備局田中昌次施工企画課長ほか5名、中部支部川西光照企画部会長ほか30名
内容：機械関係業務等の諸課題に関する意見交換を実施

関西支部



■i-Construction 施工 講習説明者認定試験

月 日：12月6日（金）

場 所：日立建機日本株

受検者：36名

■近畿地方整備局との意見交換会

月 日：12月9日（月）

場 所：キャッスルホテル

参加者：児玉事務局長以下19名

内 容：意見交換

■令和6年度施工技術報告会 第2回運営会議（Web会議）

月 日：12月18日（水）

場 所：関西支部

参加者：児玉事務局長以下10名

内 容：令和6年度施工技術報告会の論文査読や役割分担等

四国支部



■整備局機械職員との意見交換会（機械職伝承会）

月 日：12月9日（月）

場 所：四国地方整備局（高松市）

参加者：四国地方整備局 機械職：34名、

OB：市原事務局長ほか3名

九州支部



■令和6年度DX・ICT技術講習会

開催場所及び参加者：

福岡会場（12月2日）82名、長崎会

場（12月9日）63名

内 容：①国・地方自治体の取組 ②ICT施工の実践：3次元計測、ICT建設機械、3次元データの効果的活用、施工計画・実地検査、インフラDX

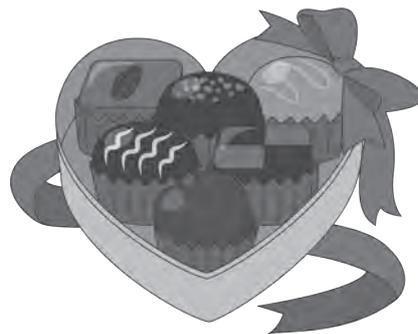
■企画委員会

月 日：12月17日（火）

場 所：宝ビル1106会議室

出席者：11名

議 題：①R6年度JCMA九州支部の主要行事予定について ②R6年度建設行政講演会について ③第3回JCMA技術講習会に向けて ④R6年度DX・ICT技術講習会の結果報告



編集後記

2024年の「今年の漢字」は「金」でした。裏金問題や金銭目当ての闇バイト強盗事件など、陰のイメージもありますが、一方でパリオリンピック・パラリンピックにおいて多くのアスリートが数多くの金メダルを獲得したこと、佐渡金山の世界文化遺産登録など、陽のイメージからも選ばれているようです。

建設業における「金」といえば、やはり収入のことかと思えます。建設業は「人手不足の解消」「優秀な人材の確保」などを理由に、全業界と比較して高い平均年収となっています。昨年からは時間外労働の上限規制が建設業にも適用され、働き方改革が進んでいます。建設業が魅力ある産業として、変革していくことを切に願います。

さて、今回は記念すべき第90号となりました。前回800号から8年4ヶ月を経ての到達です。この間に年号は平成から令和へと変わり、誌名は「建設機械施工」と名を変えま

したが、「建設業界における時代の要請にピントを合わせたホットな情報を提供する」という方針は変わりなく、大台の1,000号を目指し、今後も会員の皆様に役立つ誌面作りを続けていきます。

特集技術報文は「土工事」がテーマです。大規模土工の工事事例や、情報化技術を駆使した事例など、興味深い報文を幅広く紹介しています。

また、900号記念寄稿として、過去の編集に携わった方々に思い出を語って頂きました。合わせて、「記憶に残る工事」と題して日本の大プロジェクトに関する過去の報文を再掲載させて頂きました。どれも読み応えのある素晴らしい報文です。

これらの情報を共有することで、本誌が安全・安心な社会基盤を構築することの一助になれば幸いです。「金」のように明るく輝く建設業界を祈念します。

最後になりますが、年末の多忙なおりに、突然のお願いにも関わらず快く原稿執筆をお引き受け頂いた皆様に、改めて心より感謝申し上げます。
(副島・佐藤)

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	新開 節治
関 克己	田中 康之
田中 康順	中岡 智信
渡邊 和夫	見波 潔

編集委員長

中野 正則 日本ファブテック(株)

編集委員

吉田 真人	国土交通省
大津 太郎	農林水産省
内海 友介	(独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹	(一社)日本機械土工協会
丹 秀男	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
藤井 攻	清水建設(株)
桐山 茂雄	(株)大林組
出口 明	(株)竹中工務店
宮川 克己	(株)熊谷組
松本 清志	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
加取 新	鉄建建設(株)
副島 幸也	(株)安藤・間
松澤 享	五洋建設(株)
那須野陽平	東亜建設工業(株)
佐藤 裕	日本国土開発(株)
丑久保吾郎	(株)NIPPO
室谷 泰輔	コマツ
山本 茂太	キャタピラージャパン
花川 和吉	日立建機(株)
丹治 雅人	コベルコ建機(株)
漆戸 秀行	住友建機(株)
大竹 博文	(株)加藤製作所
田島 良一	古河ロックドリル(株)
鈴木 健之	施工技術総合研究所

事務局

(一社)日本建設機械施工協会

3月号「鉄道建設技術、保線・保全技術特集」予告

・鉄道分野のカーボンニュートラルに向けた施策 ・最後の渋谷駅線路切替工事が完了 ・大幅な工程短縮を実現した上路SRC桁(H鋼埋込桁)の施工 ・調査坑の施工情報を活用し断層破砕帯を掘削 ・列車巡視の効率化と品質向上を目的としたスマート動揺判定アプリ ・線路設備の点検・検査の自動化と現場適用 ・鉄道・運輸機構 建設DXビジョンロードマップ ・換気設備遠隔監視システム導入によるCBM保守 ・革新的IoT無線「UNISONet」が建設現場やインフラ保全を変える ・「てんかく忍者」～目視点検現場に忍者の目！効率・安全性の向上～ ・鉄道向け3次元計測技術サービスの紹介 ・ドア制御の課題を一新した新機軸の無線式ホームドア連携システムの紹介 ・車載式自動スロープ装置「スマートランプ」の開発 ・線路内に設備を追加せずに自動化レベルGOA2.5を長野電鉄と実現

【年間定期購読ご希望の方】

- ①書店でのお申し込みが可能です。お近くの書店へお問い合わせください。
- ②協会本部へのお申し込みは「年間定期購読申込書」に必要事項をご記入のうえFAXをお送りください。

詳しくはHPをご覧ください。

年間定期購読料(12冊) 10,032円(税・送料込)

建設機械施工

第77巻第2号(2025年2月号)(通巻900号)

Vol.77 No.2 February 2025

2025(令和7)年2月20日印刷

2025(令和7)年2月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 金井道夫

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

施工技術総合研究所 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154	電話 (0545) 35-0212
北海道支 部 〒060-0003 札幌市中央区北三条西 2-8	電話 (011) 231-4428
東北支 部 〒980-0014 仙台市青葉区本町 3-4-18	電話 (022) 222-3915
北陸支 部 〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1	電話 (025) 280-0128
中部支 部 〒460-0003 名古屋市中区錦 3-7-9	電話 (052) 962-2394
関西支 部 〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4	電話 (06) 6941-8845
中国支 部 〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22	電話 (082) 221-6841
四国支 部 〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22	電話 (087) 821-8074
九州支 部 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-4-30	電話 (092) 436-3322

本誌上への
の広告は



有限会社 サンタナ アートワークス までお申し込み、お問い合わせ下さい。

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

E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中

FA機器の最適無線化提案

クレーン・搬送台車・建設機械・特殊車両他
産業機械用無線操縦装置

New!

自社開発した
**3ノッチ式
ジョイスティック**
中立位置に自動復帰
する仕様も可能!

自動復帰!

ストロークが深く、
クリックがハッキリ!
**ロングストローク型
スイッチ**を標準採用



マイティ 429MHz帯・1.2GHz帯
特定小電力モデル対応
サテラ
RC-73000U/G シリーズ

スリムケーブルレス 5800シリーズ 好評発売中!

双方向データケーブルレス

《TC-1000808S》

**緊急停止
スイッチ** (オプション)

429MHz帯・1.2GHz帯
特定小電力モデル対応

プッシュロック、
ターンリセット型
キノコスイッチ



クレードルタイプ
充電台対応

**2段押3組
標準型**

- インバーター制御の
クレーンに最適!
- クリック感ハッキリの
ロングストローク
スイッチ

429MHz
1216MHzが
同価格!!



- 見えない機械の制御もフィードバック!
- 双方向制御がこの1セットで対応可能!
- 新周波数920MHz帯を採用!



常に半歩、先を走る



朝日音響株式会社

〒771-1311 徳島県板野郡上板町引野字東原43-1 (本社工場) FAX.088-694-5544 TEL.088-694-2411
<http://www.asahionkyo.co.jp/>



無線工事のことならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。

朝日音響 検索

精密さとパワーで建設の現場を支える。

発電機・溶接機・コンプレッサは抜群の性能を誇るデンヨー製品で!



発電機

図書館内並の低騒音を実現!
静音発電機マーリエ



50Hz-7m
43dB

DCA-25MZ

溶接機

最大溶接電流500A&インバータ制御
炭酸ガスエンジン溶接機



溶接電流 500A
(炭酸ガス/カウジンク手溶接)

交流電源
三相 25 kVA

DCW-500LSE

コンプレッサ

アフタクーラ/アフタウォーマ内蔵
電子制御で低燃費&低騒音



DIS-670LS-D



●技術で明日を築く

本社：〒103-8566 東京都中央区日本橋堀留町2-8-5
TEL:03(6861)1122 FAX:03(6861)1182
ホームページ: <http://www.denyo.co.jp/>

札幌営業所 011(862)1221 東京支店 03(6861)1122 大阪支店 06(6448)7131
東北営業所第1課 019(647)4611 横浜営業所 045(774)0321 広島営業所 082(278)3350
東北営業所第2課 022(254)7311 静岡営業所 054(261)3259 高松営業所 087(874)3301
信越営業所 025(268)0791 名古屋営業所 052(856)7222 九州営業所 092(935)0700
北関東営業所 027(360)4570 金沢営業所 076(269)1231

杭打工事用

パイルキーパー

海上・河川等での杭打ち作業用、
パイル保持装置

石狩湾新港洋上風力発電事業工事向け
パイルキーパー

仕様

杭径.....最大 φ2500mm
 杭重量.....最大 90ton
 開閉.....油圧駆動
 前後スライド範囲.....±900mm 油圧駆動
 左右スライド範囲.....±1000mm 油圧駆動

実績多数

海上工事、陸上工事、岸壁護岸工事、海上空港、
ダム湖再生工事、導枠治具、リーダー付



洋上風力発電ジャケット基礎杭工事



吉永機械株式会社

〒130-0021 東京都墨田区緑4-4-3 吉永ビル TEL:03-3634-5651
URL : www.yoshinaga.co.jp

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン



ICT施工や自動制御に対応可能

ダイワテレコン872

- 最大72点の操作点数を持ち、比例制御にも対応いたします。
- 指令機操作パネルはレイアウトフリーで用途に合わせた実装部品が選択可能。
- 特定省電力無線429MHz帯域および1200MHz帯域選択可能。
- 外部接続用ポート(オプション仕様)より、LAN通信制御が可能。

取付改造実績

油圧ショベル、ブルドーザ、振動ローラ
クローラダンプ、鑿岩機、その他特殊専用機など

無線遠隔装置だけでは終わらない
弊社では制作から取付改造工事までを完全サポート
大型機対応屋内工場完備(100tクラスまで対応)



ハンディータイプ
使いやすさを極めた高性能・高性能
ダイワテレコン810

用途
インバータ制御機器
エンジン制御
油空圧比例制御

DAIWA TELECON 大和機工株式会社

常滑工場 〒479-0002 愛知県常滑市久米字西仲根227番
TEL: 0569-84-8582(直通) FAX: 0569-84-8857
ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>
e-mail mekatoro@daiwakiko.co.jp

建設機械施工 広告掲載のご案内

月刊誌 建設機械施工では、建設機械や建設施工に関する論文や最近の技術情報・資料をはじめ、道路、河川、ダム、鉄道、建築等の最新建設報告等を好評掲載しています。

■職業別 購読者

建設機械施工 / 建設機械メーカー / 商社 / 官公庁・学校 / サービス会社 / 研究機関 / 電力・機械等

■掲載広告種目

穿孔機械 / 運搬機械 / 工事用機械 / クレーン / 締固機械 / 舗装機械 / 切削機 / 原動機 / 空気圧縮機 / 積込機械 / 骨材機械 / 計測機 / コンクリート機械等

広告掲載・広告原稿デザイン——お問い合わせ・お申し込み

サンタナアートワークス

広告営業部：田中 san-mich@zam.att.ne.jp

TEL:03-3664-0118 FAX:03-3664-0138

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F



建設機械施工 カタログ資料請求票

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はこの用紙を利用し、ファクシミリなどでお送りください。

※カタログ/資料はメーカーから直送いたします。 ※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お名前： _____ 所属： _____

会社名(校名)： _____

資料送付先： _____

電話： _____ F A X： _____

E-mail: _____

	広告掲載号	メーカー名	製品名
①	月号		
②	月号		
③	月号		
④	月号		
⑤	月号		

FAX 送信先：サンタナアートワークス 建設機械施工係 FAX:03-3664-0138

確かな技術で世界を結ぶ

Attachment Specialists

可動式ハイキャブ



任意の高さに停止可能

油圧式マグネット



産廃物からの金属片取り出しなどに効果を発揮

自動車解体機



車の解体・分別作業を大幅にスピードアップ

ラウンティシア サーベルシリーズ



船舶・プラント・鉄骨物解体に威力を発揮

マテリアルハンドラ



ワイドな作業範囲で効果の良い荷役作業

ウッドシア



丸太や抜根を楽々切断



マルマテクニカ株式会社

■名古屋事業所

愛知県小牧市小針2-18 〒485-0037
電話 0568(77)3312
FAX 0568(77)3719

■本社・相模原事業所

神奈川県相模原市南区大野台6丁目2番1号 〒252-0031
電話 042(751)3800
FAX 042(756)4389

■東京工場

東京都世田谷区桜丘1丁目2番22号 〒156-0054
電話 03(3429)2141
FAX 03(3420)3336

Mikasa

<http://www.mikasa.jp>

街づくりを支える、信頼の三笠品質。



転圧センサー

バイプロコンパクター

MVH-308DSC-PAS

タンピングランマー

MT-55H



MVC-e60

NETIS No. KT-210039-A

超低騒音型 No.6760



MRH-603DS-SS

NETIS No. KT-190125-VE



MUV-Fe32



MT-e55

NETIS No. KT-210039-A

三笠産業株式会社

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社 〒101-0064 東京都千代田区神田猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL:06-6745-9631
札幌営業所 TEL:011-892-6920
仙台営業所 TEL:022-238-1521
新潟出張所 TEL:080-1049-0634

北関東営業所 TEL:0276-74-6452
長野出張所 TEL:080-1059-2116
中部営業所 TEL:052-504-3434
金沢出張所 TEL:080-1013-9542

中国営業所 TEL:082-875-8561
四国出張所 TEL:087-868-5111
九州営業所 TEL:092-431-5523
南九州出張所 TEL:080-1013-9547

沖縄出張所 TEL:080-1013-9328

THE HEARTBEAT OF OUR INDUSTRY

bauma, Munich, April 7-13, 2025



Boost your success: the construction machinery industry's future begins at bauma—the World's Leading Trade Fair for Construction Machinery, Building Material Machines, Mining Machines, Construction Vehicles and Construction Equipment.

VISIT bauma:
[bauma.de/en/
trade-fair/why-visit](http://bauma.de/en/trade-fair/why-visit)



bauma.de

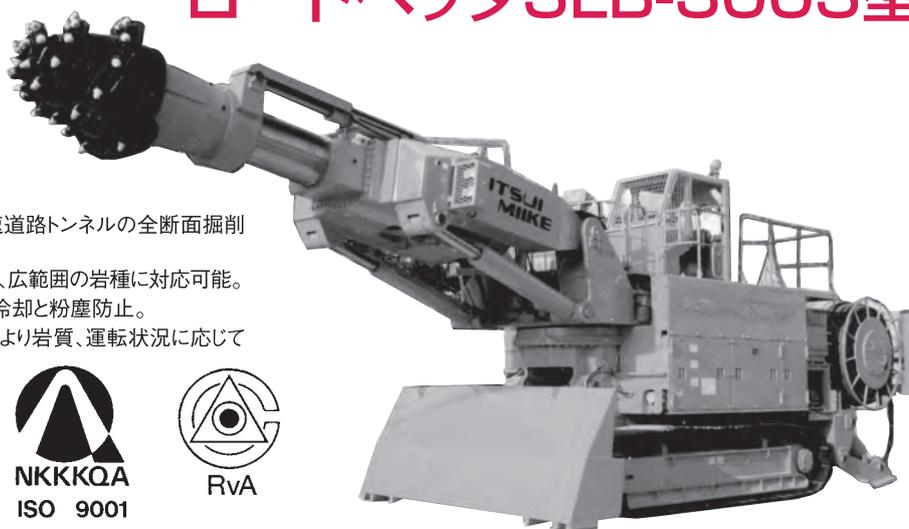
bauma

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 ロードヘッドSLB-300S型

特長

1. 最大8.8mの掘削高さで、新幹線、高速道路トンネルの全断面对掘削が可能。
2. 300kW:2速切換型電動機の採用により、広範囲の岩種に対応可能。
3. ピック先端に高圧水を散水させ、ピック冷却と粉塵防止。
4. モード切換式パワーコントロール装置により岩質、運転状況に応じて作動設定の変更が可能。
5. 運転操作が優れ、全操作がリモートコントロールで運転可能。
6. ケーブルリール装置により、電源ケーブルの取扱いが容易で移動が迅速。



製造・販売・レンタル及びメンテナンス

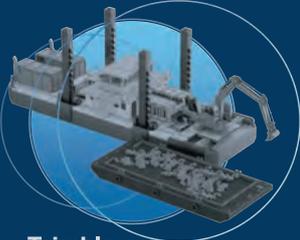
 株式会社 三井三池製作所

本店/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203

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

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

SITECH



Trimble
Marine Construction



Trimble Roadworks



Trimble Groundworks

Make
*all processes
more efficient*

2025



Trimble Siteworks
Machine Guidance



SiteCompacter



Trimble 3D Survey



The New item is just around the corner
Trimble WorksOS/Trimble WorksManager



Trimble Business Center

Trimble Earthworks



SITECH

Trimble
Authorized Dealer

SITECH-JAPAN.COM

サイテックジャパン株式会社 info@sitechjp.com
東京都大田区南蒲田2-16-2テクノポート大樹生命ビル
TEL:03-5710-2594 FAX:03-5710-2731

雑誌 03435-2



4910034350254
00800

「建設機械施工」

定価 八八〇円 (本体八〇〇円 + 税10%)