

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

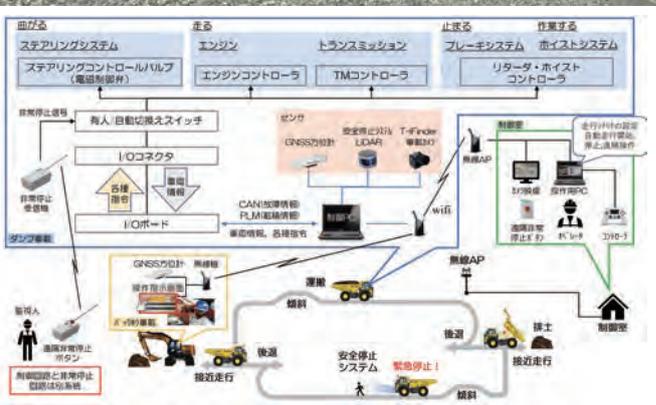
2023

建設機械施工



Vol.75 No.8 August 2023 (通巻882号)

特集 土工事



55t級リジッドダンプによる自動運転システム開発

巻頭言 土工事での締固めを見直す

特集技術論文

- 55t級リジッドダンプによる自動運転システム開発
- 品質向上と計測管理の省力化を実現する地盤改良工管理技術の開発
- 熔融スラグとバイオ炭を用いた脱炭素型地盤改良工法の開発
- 土質定数推定システム「サウンディングAI」
- 薬液注入工法の改良効果評価手法「ジオレジスタ法」
- スタビライザのICT化「浅層改良管理システム」による位置精度および生産性向上の検証
- 液状化対策でCO₂を地中貯蔵

行政情報

- 道路土工構造物技術基準の改定に向けた方向性
 - 宅地造成及び特定盛土等規制法の施行
- 交流のひろば
- 土木の始まりと人とかかわり～土木工事の歴史と進化
- すいそう
- 未来予測ゲーム
 - ゴルフと人生を楽しむ

一般社団法人 日本建設機械施工協会

KOBELCO

Performance  Design

新型 ミニ

SK45SR SK55SR

ミニショベルがモデルチェンジ

2023年4月順次登場

特設サイトは
こちら

iNDr+E



コベルコ建機株式会社

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

www.kobelco-kenki.co.jp

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内

会費：年間 9,000円(不課税)

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

★個人会員の特典

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

この機会に是非ご入会下さい!!

◆一般社団法人 日本建設機械施工協会について

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

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

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

■会員構成

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

■主な事業活動

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

■主な出版図書

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

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

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

※お申し込みには次頁の申込用紙をお使いください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会 個人会員に入会します。

令和 年 月 日

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

【会費について】年間 9,000円(不課税)

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

【その他ご入会に際しての留意事項】

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

【個人情報の取扱いについて】

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

論文投稿のご案内

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

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

★投稿対象

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

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

★部門

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

★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

★原稿の受付

随時受け付けます。

★公表の方法

当協会機関誌へ掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館)

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289



(一社) 日本建設機械施工協会 発行図書一覧表 (令和 5 年 8 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	R5 年 5 月	橋梁架設工事の積算 令和 5 年度版	12,100	10,285	990
2	R5 年 5 月	令和 5 年度版 建設機械等損料表	9,680	8,228	770
3	R4 年 10 月	道路除雪施工の手引 (第 16 版 2022 改訂)	4,950	3,960	770
4	R4 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和 4 年度版	6,600	5,610	770
5	R4 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2022	6,600	5,610	770
6	R4 年 3 月	日本建設機械要覧 2022 年版	53,900	45,100	990
7	R3 年 1 月	情報化施工の基礎 ~i-Construction の普及に向けて~	2,200	1,870	770
8	H30 年 8 月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	770
9	H29 年 4 月	ICT を活用した建設技術 (情報化施工)	1,320	1,122	770
10	H26 年 3 月	情報化施工デジタルガイドブック 【DVD 版】	2,200	1,980	770
11	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	990	880	770
12	H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック (改訂 4 版)	6,600	5,610	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

土工事

巻頭言

4 土工事での締固めを見直す

古関 潤一 ライト工業(株) R & Dセンター テクニカルオフィサー、(公社)地盤工学会 会長

行政情報

5 道路土工構造物技術基準の改定に向けた方向性

渡邊 一弘 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部 道路基盤研究室長

9 宅地造成及び特定盛土等規制法の施行

危険な盛土等を全国一律の基準で包括的に規制

宮川 武広 国土交通省 都市局 都市安全課 課長補佐 (併)大臣官房参事官(宅地・盛土防災担当) 付

特集技術報文

14 55 t 級リジッドダンプによる自動運転システム開発

青木 浩章 大成建設(株) 技術センター 生産技術開発部 スマート技術開発室 室長
田村 道生 大成建設(株) 技術センター 生産技術開発部 スマート技術開発室 メカトロニクスチーム チームリーダー
遠藤 亮雄 大成建設(株) 技術センター 生産技術開発部 スマート技術開発室 メカトロニクスチーム 課長代理

20 品質向上と計測管理の省力化を実現する地盤改良工管理技術の開発

地盤改良施工管理システム「OGIMS™」

田中 博之 ㈱大林組 土木本部 生産技術本部 技術第二部 主任
三浦 国春 ㈱大林組 土木本部 生産技術本部 技術第二部 担当部長
稲川 雄宣 ㈱大林組 技術本部 技術研究所 地盤技術研究部 首席技師

26 溶融スラグとバイオ炭を用いた脱炭素型地盤改良工法の開発

西田茉佑子 清水建設(株) 土木総本部 土木技術本部 基盤技術部 基礎グループ
長澤 正明 清水建設(株) 土木総本部 土木技術本部 基盤技術部 基礎グループ グループ長
衣川 剛央 ㈱東洋スタビ 執行役員 統括所長

31 土質定数推定システム「サウンディング AI」

秋本 哲平 五洋建設(株) 技術研究所 土木技術開発部 地盤・耐震構造グループ 担当部長
熊谷 隆宏 五洋建設(株) 技術研究所 土木技術開発部 土木技術開発部長

37 薬液注入工法の改良効果評価手法「ジオレジスタ法」

小型動的コーン貫入試験と電気検層法を用いた改良効果確認

下坂 賢二 戸田建設(株) 技術研究所 社会基盤構築部 主管
村田 芳信 (大)東海国立大学機構 岐阜大学 工学部付属インフラマネジメント技術研究センター 客員教授
大野 康年 太洋基礎工業(株) 施工本部 技術部長

42 スタビライザの ICT 化「浅層改良管理システム」による位置精度および生産性向上の検証

橋本 明広 西尾レントオール(株) 通信測機技術部 技術サポート課 係長
衣川 剛央 ㈱東洋スタビ 執行役員 統括所長

48 液状化対策で CO₂ を地中貯蔵

丸太打設液状化対策&カーボンストック(LP-LiC) 工法

沼田 淳紀 飛鳥建設(株) 土木本部 グリーンインフラ部 シニアエンジニア

交流のひろば

53 土木の始まりと人とのかかわり～土木工事の歴史と進化

池田 智 サトシドットリンク、建機・重機・工事現場カメラマン

ずいそう	56	未来予測ゲーム 黒川 洋之 日本国土開発㈱ サステナビリティ経営本部 エグゼクティブプロフェッショナル
	57	ゴルフと人生を楽しむ 岡 忠志 ㈱ダイワテック 代表取締役
部会報告	59	北海道新幹線 後志トンネル（天神）他工事見学会報告 機械部会 基礎工事用機械技術委員会
	62	ISO/TC 127(土工機械)/SC 2(安全性・人間工学・通則分科委員会)/WG 24（機能安全）作業グループ 2023年5月東京国際 WG 会議報告 標準部会
	66	令和5年度 第133回建設施工研修会（映画会）開催報告 広報部会
CMI 報告	69	石張護岸での堤防除草作業効率化の検証 宇田 陽亮（一社）日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第三部 主任研究員 井野 歩惟（一社）日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第三部 技術員
	74	新工法紹介 機関誌編集委員会
	79	新機種紹介 機関誌編集委員会
統計	84	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
	85	主要建設資材価格の動向 機関誌編集委員会
	89	行事一覧（2023年6月）
	94	編集後記（山本・佐藤）

◇表紙写真説明◇

55t級リジッドダンプによる自動運転システム開発

写真提供：大成建設㈱

ベースマシンである55t積みリジッドフレーム式ダンプトラックに対して電子制御化改造を行い、電気信号での動作を可能とした。主な改造箇所はステアリングの電磁制御弁や、車体情報を測定するための各種センサの増設である。また、安全対策として前後に設置したLiDARセンサにより周囲の状況を取得することで、走行経路上の障害物の有無を検出しており、自動で減速・停止を行う機能となっている。

さらに、実際の現場では作業内容が工事の進捗に伴い日々変化するが、本システムではUI上でそれぞれのタスクを積み重ねることで、専門的な知識が無くても作業シナリオの作成が可能となっている。有人操作に対して自動運転は往路で約97%、復路で約98%のサイクルタイムであり、今回開発した自動運転システムは有人操作と遜色のない動作が可能であると考えられる。

巻頭言

土工事での締固めを見直す

古 関 潤 一



盛土工事における締固め作業は、古墳時代の墳墓建設などから始まり、現代にいたるまで脈々と行われてきた。その過程では、人力のみによる施工から機械施工の導入、大型締固め機械の採用へと締固め技術が進化するとともに、締固め条件の設定・管理も経験的なものから学術的な知見に基づく方法へと発展してきている。

1933年にProcterが最適含水比の概念を提示して以来、盛土材の締固め特性を「締固め曲線」（一定のエネルギーで締固めた際の含水比と乾燥密度の関係）として整理することが一般的に行われるようになった。また、盛土材の強度・変形特性や透水性は、現在の乾燥密度と含水比に依存するだけではなく、過去の締固め時の含水比の影響も受けることが明らかになってきた。そのため、締固め条件を設定・管理するうえで、同一の盛土材料を使用することを前提としつつ、締固め時の含水比と「締固め度」（＝乾燥密度／最大乾燥密度）の目標値や許容範囲を規定する手法がこれまで多用されてきた。

締固め曲線は、同じ材料であっても締固めエネルギーの違いに応じてその位置や形状が変化することが知られている。これは、あるエネルギーに対して「最適」な力学特性を示す締固め時の含水比と乾燥密度の組み合わせが、異なる大きさの締固めエネルギーでは「最適」とはならないことを意味する。この点に加えて、現場で締固め施工を行う際に使われるエネルギーの直接かつ定量的な評価が一般には困難であることも考慮すると、前述した締固め条件の設定・管理手法は必ずしも合理的とは言えないことが理解される。

このような問題点に対し、含水比ではなく飽和度を指標とする締固め管理手法が新たに提案され、フィルダム等の実工事で採用されるようになってきている。これは、一定のエネルギーで締固めた際の飽和度と「最適飽和度」（＝最大乾燥密度が得られる飽和度）の差分を指標として締固め度との関係を整理すると、盛土材の粒度や締固めエネルギーの違いに対してほぼ独立な特性が得られるという近年の知見に基づいて開発された

ものである。この新手法の導入により、現場での施工状況とは必ずしも一致しない大きさの締固めエネルギーを用いた室内土質試験結果を用いて、現場における締固め条件を合理的に設定・管理することが可能となった。

近年では、各種の計測技術の高精度化や省力化も進んでいる。盛土材の管理を厳密に行うフィルダム等の施工現場においては、締固め機械の施工中の位置情報に加えてローラ加速度を連続的に自動計測して分析した結果を用いることにより、締固め状況を面的かつ定量的に把握することも行われている。今後は、盛土材の粒度のばらつきが避けられない場合においても適用できるような施工中の計測・管理手法の開発と実用化が求められている。また、異常な計測値が検出された場合の判定精度を向上させる観点からは、計測・評価項目を増やしてクロスチェックを行えるようにする対応も望まれる。

これらの管理手法の開発と適用にあたっては、締固めた盛土材が一様ではないことにも留意する必要がある。現場で締固め施工する場合でも、あるいは土質試験用の締固め供試体を室内で作製する場合でも、ある層を締固めた際の各部の状態が表層からの距離に応じて変化することは容易に想像できる。しかし、このような非一様性が盛土材の強度・変形特性や透水性、および施工中の各種の計測値に及ぼす影響は十分には解明されていない。この影響に着目し、小型機械で締固めた試験盛土から採取した乱さない試料と室内作製供試体の両者に対して三軸圧縮試験を実施した最近の研究では、前者の表層部の強度・変形特性が他と大きく異なることが報告されている。締固め施工時に表層部が局所的にせん断破壊することがこの原因として考えられているが、詳細は不明であるため今後の検討を要する。

土工事では締固めが古くから行われてきたものの、以上のような今後の検討課題が残されている。

—こせき じゅんいち

ライト工業(株) R&Dセンター テクニカルオフィサー、
(公社)地盤工学会 会長—

行政情報

道路土工構造物技術基準の改定に向けた方向性

渡 邊 一 弘

道路土工構造物技術基準は、道路土工構造物の安全性に関する明確な基準の必要性から平成 27 年 3 月に制定された。本稿では道路土工構造物技術基準の改定に向けた方向性について紹介するものである。

キーワード：道路土工構造物，技術基準，性能規定，設計供用期間，新技術

1. はじめに

道路土工構造物技術基準(以下、「技術基準」という。)が制定されるまで、道路土工については、日本道路協会の道路土工指針が、事実上の基準として機能してきた。道路土工指針は、昭和 31 年に道路工法叢書の一部として発刊され、要綱及び指針類は、調査～維持管理に至る事項の標準を示した技術図書として、当初、直営施工を前提とした「道路土工指針」として、その後、外部専門業者への請負施工を前提とした内容で「道路土工要綱」及び「道路土工－各指針」として平成 21 年～24 年までに改定・再編され、現在では、道路土工要綱及び 6 指針で構成されている。

その後、道路土工構造物の大型化や多様化等などから、安全性に関する明確な基準化の必要性の高まりを踏まえ、平成 27 年 3 月に技術基準が制定された。技術基準及び各指針類の体系について図-1 に示す。

現行技術基準は、前述のとおり道路土工構造物としては初の技術基準として策定されたが、道路土工構造物は、擁壁付盛土など複数の構造物の組み合わせで構造物が構築されていることから、構造物ごとに求められる性能と、その性能の検証方法が明確でないという課題が提示され、令和 4 年 11 月の社会資本整備審議会道路分科会道路技術小委員会(以下「小委員会」という。)において、技術基準の改定に向けた検討がキックオフされた。

2. 現行技術基準の概要

現行技術基準は、「総則」、「用語の定義」、「道路土工構造物に関する基本的事項」、「道路土工構造物の設計」、「道路土工構造物の施工」及び「記録の保存」の

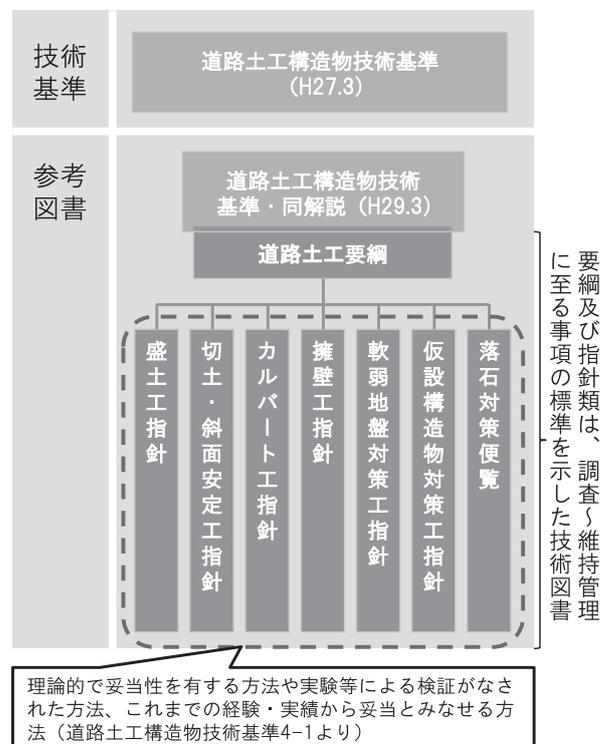
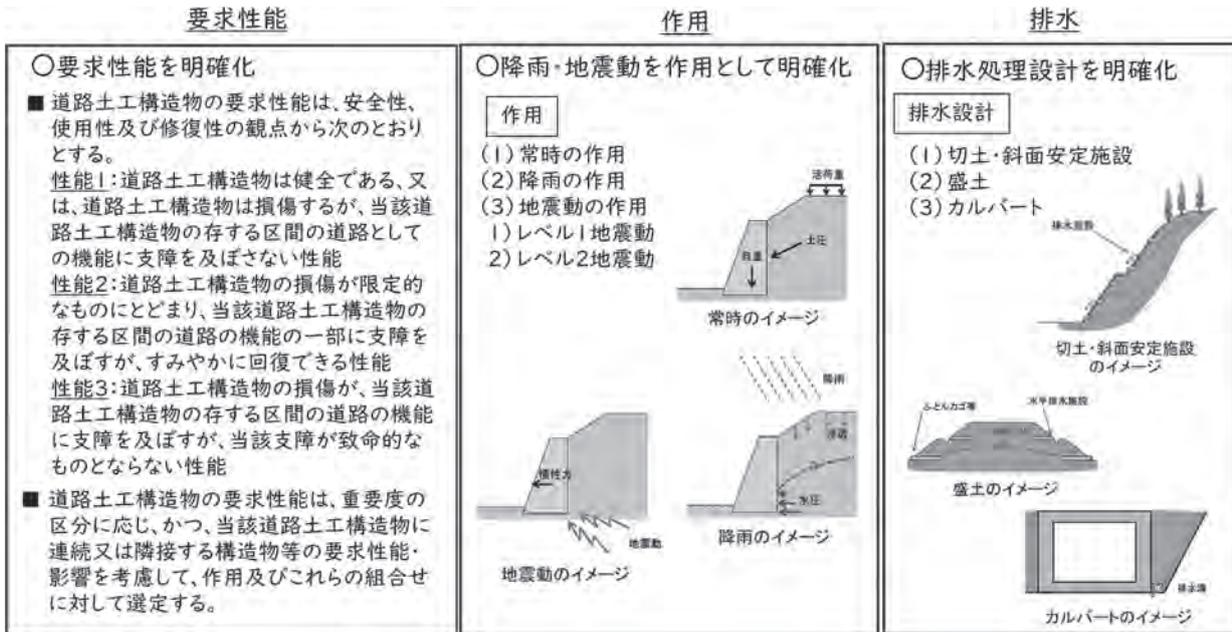
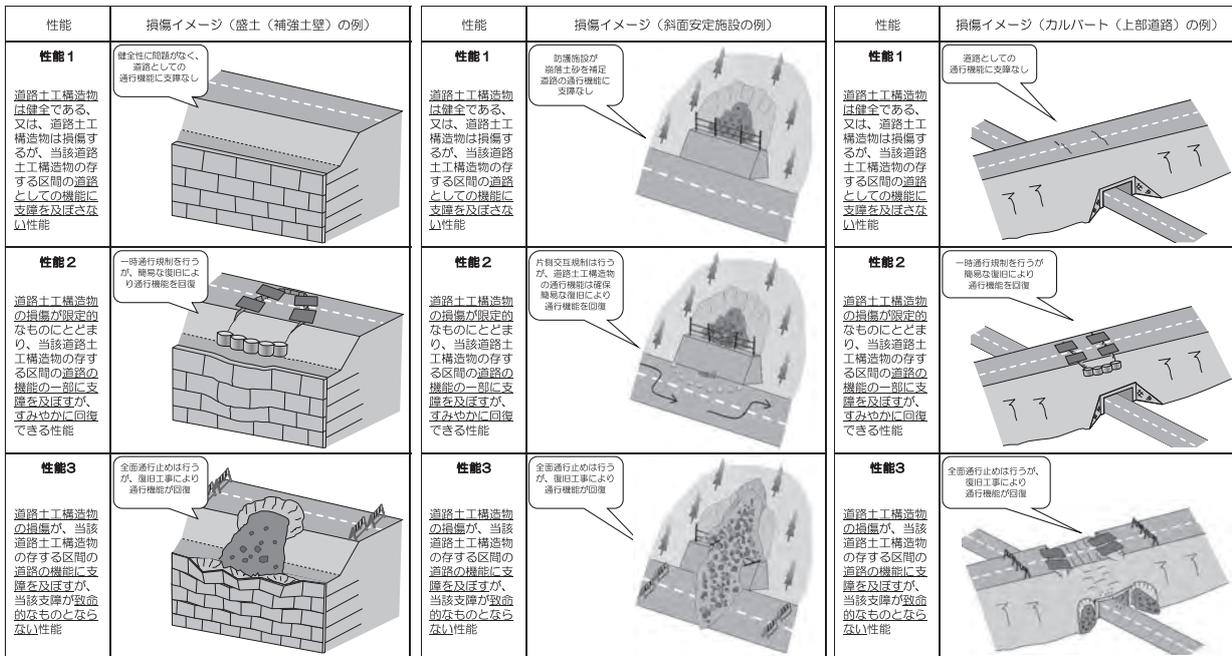


図-1 現行基準と土工指針類の位置づけ

章から構成されている。基本的事項として、道路土工構造物の影響する作用及びこれらの組合せに対して十分安全なものであるとともに、維持管理の確実性及び容易さや、環境との調和、経済性等の面で考慮すること、連続又は隣接する構造物等がある場合はその特性等を考慮することなどが規定されている。設計面においては、図-2 に示すとおり、安全性のみならず、使用性、修復性を踏まえた要求性能を明確化するとともに、降雨、地震動を含めた作用を考慮した設計を規定し、各道路土工構造物について、排水処理設計の実施が規定された。



図一2 要求性能，作用，排水処理設計の概要



図一3 現行基準における要求性能のイメージ

3. 現行技術基準の課題

前述のとおり、現行技術基準は平成27年3月に制定され、関連技術図書として「道路土工構造物技術基準・解説」が平成29年3月に日本道路協会から発行されて運用されてきたところである。一方で、現行技術基準で示された作用や要求性能も定性的な記載となっていること等もあり、さらなる性能規定化を進めるべく、技術基準の改定に向けて小委員会での検討が開始されたところである。以下に、小委員会での提示された課題を紹介する。

(1) 設計時の判断基準の明確化

現行技術基準における道路土工構造物の要求性能は、図一3に示すとおり、求められる性能が様々な道路土工構造物(盛土、切土、カルバート、斜面安定施設)に対して一括りに定められており、設計時の判断基準になっていない。そのため、

- ①設計供用期間が定められていないため、作用する外力が不明確で性能が定まりにくい。
- ②擁壁と盛土といった異なる構造物の組合せ時の性能が定まりにくい。
- ③構造物毎に求められる性能と、その性能検証方法が

明確でなく、新工法、新材料などの適切な導入・活用が進みにくい。
という課題がある。

(2) 道路機能に応じた各構造物の要求性能と照査基準の明確化

道路の構造物設計は、それぞれ構造物毎の要求性能及び設計方法を設定し実施しているが、現行技術基準は様々な構造物が道路土工構造物として一括りになっており、異なる構造物の組合せからなる土工区間の性

能照査に対応しきれていない。道路橋示方書は、平成29年の改定で設計供用期間（100年）並びに要求性能（耐荷・耐久・その他）に対応した具体性のある照査基準を規定済みであり、図-4に示すとおり道路土工構造物においてもネットワークの機能を確保するための道路機能に応じた各構造物の要求性能と照査基準を明確にする必要がある。

(3) 新技術・新工法について

図-5に示すとおり、近年高度化が進む新技術・新

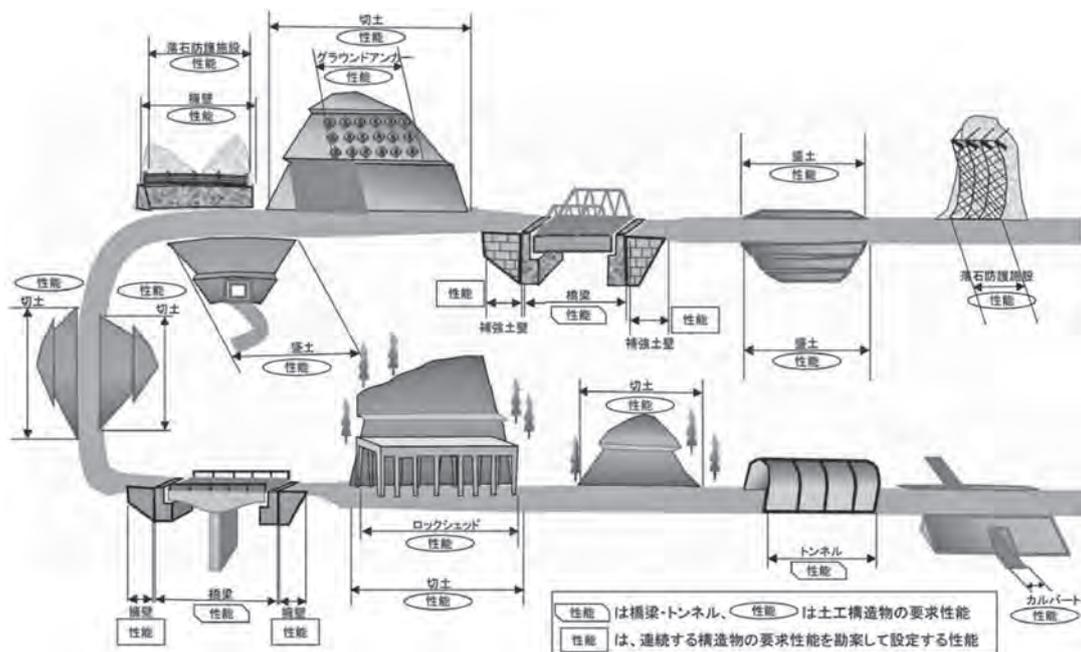


図-4 連続的な要求性能のイメージ

設計技術

- 補強土壁の不具合事例

壁面パネル落下状況
- アーチカルバートの不具合事例

不同沈下による軽体の亀裂損傷状況

施工技術

- ICTブルドーザによる巻出し厚管理

数均し高さ管理
- ICTローラによる締固め回数管理

巻固め回数自動記録 書類は自動作成
- ICT地盤改良機による施工記録

改良体の3Dモデル

図-5 近年における設計技術や施工技術

工法について適宜現場に適用されているところであるが、一部には不具合事例も確認されるところである。新技術・新工法について道路土工構造物への適切な活用を促進するため、要求性能等に応じた設計・施工における新技術導入の判断基準について明確にする必要がある。

4. 技術基準見直しの方向性

道路土工構造物に分類される各構造物への作用・修復性について、図-6、7に示すとおり、「作用」に対して各構造物をどのような状態にとどめることが必要か、限界状態の明確化などについて、前述のとおり課題が提示され、技術小委員会においても、「道路土工構造物の照査体系の枠組みの再構築」及び、「各道

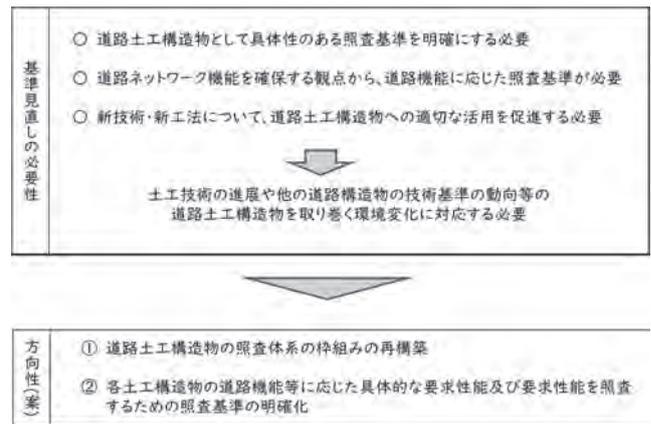


図-8 基準見直しの必要性及び方向性 (案)

路土工構造物の道路機能等に応じた具体的な要求性能及び要求性能を照査するための照査基準の明確化」という方向性が示された(図-8)。

5. おわりに

本報では、土工技術の進展や、道路土工構造物を取り巻く環境変化に対応する必要性、他の道路構造物の技術基準の動向、技術基準の課題及び改定の方向性について紹介を行った。

引き続き、「道路土工構造物として具体性のある照査基準」、「道路ネットワーク機能を確保する観点から、道路機能に応じた照査基準」等について明確化し、新技術・新工法について、道路土工構造物への適切な活用の促進について推進していくことを踏まえ、技術基準の改定・整備に向けて検討を進めていく所存である。

JCMA

【筆者紹介】



渡邊 一弘 (わたなべ かずひろ)
国土交通省 国土技術政策総合研究所
道路構造物研究部 道路基盤研究室長



図-6 要求性能と現行技術基準の規定

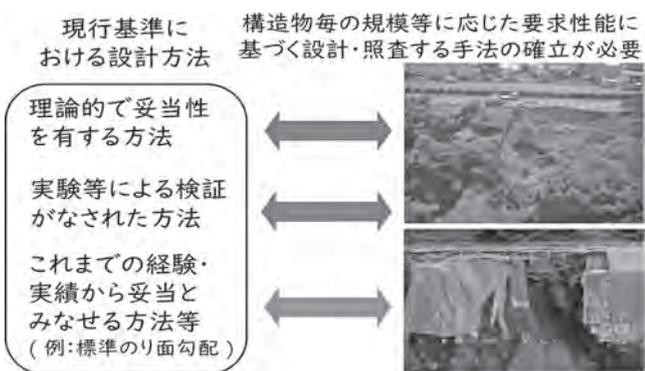


図-7 現行基準の設計方法と照査手法の必要性

行政情報

宅地造成及び特定盛土等規制法の施行

危険な盛土等を全国一律の基準で包括的に規制

宮川 武 広

令和5年5月26日より盛土規制法が施行された。本法の施行後は、盛土等により人家等に被害を及ぼしうる区域を都道府県知事等が規制区域として指定する。規制区域は2つの種類があり、各域内では、一定規模以上の「宅地造成」、「特定盛土等」、「土石の堆積」を行う際には許可又は届出の対象となる。許可を受けるにあたっては、工事計画が政令で規定する技術的基準に適合しているかどうかを確認する。さらに工事中は、定期報告や排水施設に対する中間検査を行うとともに、工事完成時は完成検査を行うことで、技術的基準への適合を担保する。

キーワード：災害防止、宅地造成等規制法、盛土規制法、盛土、切土、土石の堆積

1. はじめに

令和3年7月に静岡県熱海市において発生した土石流災害では、上流部の盛土が崩落したことが被害の甚大化につながったとされている。また、この他にも、全国各地で盛土の崩落による人的物的被害が確認されていた。

一方で、これまでの盛土に関する規制としては、宅地造成等規制法や森林法、農地法など、各法律がそれぞれの目的に応じた規制を行っていたが、各法律の目的の限界から、盛土等による災害から人命を守るという観点での規制が必ずしも十分でないエリアが存在していた。

このため、盛土等による災害から国民の生命・身体を守るため、従来、都市地域における宅地を造成するための盛土等を規制していた「宅地造成等規制法」を抜本的に改正して、名称を「宅地造成及び特定盛土等規制法」（通称：盛土規制法）とし、土地の用途にかかわらず、危険な盛土等を全国一律の基準で包括的に規制することとした。なお、本法は、国土交通省と農林水産省による共管法である。

本法は令和5年5月26日に施行され、今後、全国の自治体において規制区域が指定され、危険な盛土が規制されることになる。本稿では、法の概要や規制区域、規制対象等、本法の全体像について紹介する。

2. 法の概要

本法には、以下大きく4つの特徴がある。

①隙間のない規制

本法では、危険な盛土等を隙間なく規制するため、都道府県知事等（都道府県、政令市、中核市の長。以下同じ）が、盛土等により人家等に被害を及ぼしうる区域を規制区域として指定する。この規制区域内で行われる盛土等については、都道府県知事等の許可・届出の対象となり、その目的や土地の用途にかかわらず、単なる土捨て行為や一時的な堆積も含めて幅広く規制の対象となる。

②盛土等の安全性の確保

本法では、盛土等の安全性を確保するため、擁壁の設置や、排水施設の設置、地盤の締め固めなど、盛土等を行うエリアの地形・地質等に応じて災害防止のために必要な許可基準を国が設定し、この基準に従って都道府県知事等が盛土等の許可を行うこととしている。

また、許可した後についても、許可基準に沿って安全対策が行われているかどうか確認するため、工事の施工状況を数か月ごとに報告することを求めるほか、工事完了後には確認が困難となる工程について施工中に現地検査や、工事完了時に安全基準に適合しているかどうか確認をすることとしている。

③責任の所在の明確化

本法では、工事後においても継続的に盛土等の安全性を担保するため、規制区域指定前に行われたものも

含め、盛土等が行われた土地について、土地所有者等が常時安全な状態を維持する責務を有することを明確化している。さらに、災害防止のため必要なときは、土地所有者等だけでなく、原因行為者に対しても是正措置等を命令できることとしている。

④実効性のある罰則

本法では、違反行為に対する罰則が抑止力として十分に機能するよう、無許可行為や命令違反等に対する懲役刑及び罰金刑について、高い水準に強化（最大で懲役3年以下・罰金1,000万円以下）するとともに、法人に対しても抑止力として十分機能するよう、法人重科を措置（最大3億円以下）している。

3. 規制区域

(1) 規制区域の概要

本法では、都道府県知事等が盛土等により人家等に被害を及ぼしうる区域を規制区域として指定し、その区域内で新たに行われる盛土等の工事を規制するとともに、区域指定前に行われたものも含めて造成後の盛土等について危険な場合に改善命令等を行うこととしている。このため、盛土等に伴う災害を防止するためには、規制区域を指定することがまず重要になる。

本法による規制区域には2つの種類がある。1つは「宅地造成等工事規制区域」で、この区域は、市街地や集落、その周辺など、人家等がまとまって存在するエリアについて、森林、農地を含めて広く指定するものである。もう1つは、「特定盛土等規制区域」で、この区域は、市街地や集落等からは離れているもの

の、地形等の条件から人家等に被害を及ぼしうるエリアを指定するものである。この2つの規制区域により、人命を守る観点から必要なエリアを相当程度広く指定することができる（図—1）。

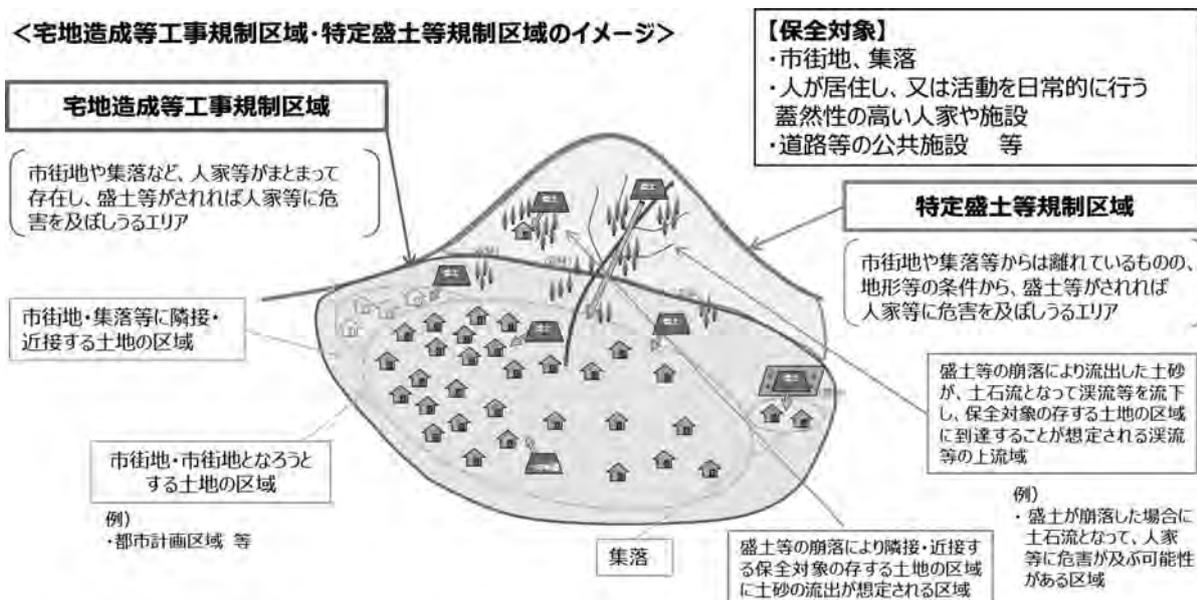
(2) 基礎調査の実施方法

規制区域を指定するに当たっては、都道府県等（都道府県、指定都市及び中核市。以下同じ）は、まず基礎調査として管内の地形、地質の状況や土地利用の状況等を調査した上で、規制区域を指定することとしている。規制区域の指定のために必要な基礎調査は、まず、既存の区域や土地利用情報、地形データ等の調査に必要な資料を収集する。その後、宅地造成等工事規制区域及び特定盛土等規制区域それぞれについて対象区域を抽出し、抽出した区域から、盛土等に伴う蓋然性のない区域を除外し、最終的には、地形的条件等を勘案して両区域の境界を設定し、候補区域を設定することとなる。

4. 規制対象

(1) 規制対象となる盛土等

本法では、宅地以外の土地を宅地にするために行う盛土その他の土地の形質の変更である「宅地造成」、宅地又は農地等において行う盛土その他の土地の形質の変更で、当該宅地又は農地等に隣接又は近接する宅地において災害を発生させるおそれ大きい「特定盛土等」、宅地又は農地等において行われ一定期間の経過後に除却される「土石の堆積」を規制対象としてい



図—1 規制区域のイメージ

る。以下、これら規制対象を総称して「盛土等」という。

ここで、通常の営農行為（通常の生産活動及びほ場管理のための耕起、代かき、整地その他の行為）等の、土地利用のために土地の形質を維持する行為については、災害の危険性を増大させないことから、本法の規制の対象とはならないものと解される。

(2) 規制区域における規制対象

本法における規制区域には、宅地造成等工事規制区域（以下「宅造区域」という）及び特定盛土等規制区域（以下「特盛区域」という）の2種類がある点については、「3. 規制区域」で述べたところである。本法においては、これらの区域毎に盛土等の規模要件を規定し、規模要件に合致する盛土等については、工事に着手する前に都道府県知事等の許可を受けることを工

事に求める等、区域指定の目的を踏まえた適切な規制を図ることとしている。

各種の規模要件については表—1に示すとおりである。なお、特盛区域における許可対象となる盛土等の規模要件について、都道府県等は、当該規模要件を表—1に示す宅造区域における許可対象となる盛土等の規模要件までの範囲で引き下げることが可能である。

(3) 許可不要工事

前述の規模要件に合致する盛土等であっても、盛土等に伴う災害の発生のおそれがないと認められるものとして法令で定められた工事については、本法の許可は不要となる。許可不要工事となる事例について、表—2に示す。

表—1 許可等の規模要件

区域	行為	届出	許可	中間検査	定期報告	完了検査
宅造区域	宅地造成 又は 特定盛土等	-	①高さが1mを超える崖を生ずる盛土 ②高さが2mを超える崖を生ずる切土 ③盛土と切土とを同時にする場合において、高さが2mを超える崖を生ずる盛土及び切土(①②を除く) ④高さが2mを超える盛土(①③を除く) ⑤面積が500m ² を超える盛土又は切土(①~④を除く)	①高さが2mを超える崖を生ずる盛土 ②高さが5mを超える崖を生ずる切土 ③盛土と切土とを同時にする場合において、高さが5mを超える崖を生ずる盛土及び切土(①②を除く) ④高さが5mを超える盛土(①③を除く) ⑤面積が3,000m ² を超える盛土又は切土(①~④を除く)	同左	許可対象 全て
	土石の堆積	-	①高さが2mを超え、かつ面積が300m ² を超えるもの ②面積が500m ² を超えるもの(①を除く)	-	①高さが5mを超え、かつ面積が1,500m ² を超えるもの ②面積が3,000m ² を超えるもの(①を除く)	許可対象 全て
特盛区域	宅地造成 又は 特定盛土等	①高さが1mを超える崖を生ずる盛土 ②高さが2mを超える崖を生ずる切土 ③盛土と切土とを同時にする場合において、高さが2mを超える崖を生ずる盛土及び切土(①②を除く) ④高さが2mを超える盛土(①③を除く) ⑤面積が五百平方メートルを超える盛土又は切土(①~④を除く)	①高さが2mを超える崖を生ずる盛土 ②高さが5mを超える崖を生ずる切土 ③盛土と切土とを同時にする場合において、高さが5mを超える崖を生ずる盛土及び切土(①②を除く) ④高さが5mを超える盛土(①③を除く) ⑤面積が3,000m ² を超える盛土又は切土(①~④を除く)	許可対象全て	許可対象全て	許可対象 全て
	土石の堆積	①高さが2mを超え、かつ面積が300m ² を超えるもの ②面積が500m ² を超えるもの(①を除く)	①高さが5mを超え、かつ面積が1,500m ² を超えるもの ②面積が3,000m ² を超えるもの(①を除く)	-	許可対象全て	許可対象 全て

表—2 許可不要工事

分類	定義	許可不要工事の例	用途例
災害の発生するおそれがないと認められる工事	他法令等の基準により盛土等の安全性が確保されている工事等	○他法令等により、災害の発生を防止するために当該工事の実施に当たって従うべき一定の基準や行為制限が設けられているもの（鉱山保安法の基準で行われる鉱業上使用する特定施設の設置の工事等における鉱物の採取等） ○工事の施行に付随して行われるものであって、当該工事に使用する土石又は当該工事で発生した土石を当該工事の現場又はその付近に堆積するもの ○高さ2m以下かつ面積500m ² 超の盛土等で、盛土等をする標高差が30cm（都道府県等が定める場合はその値）を超えないもの	鉱物の採取 土石の採取 土地改良事業 工事現場内における仮置き不陸整正

5. 技術的基準

(1) 技術的基準の概要

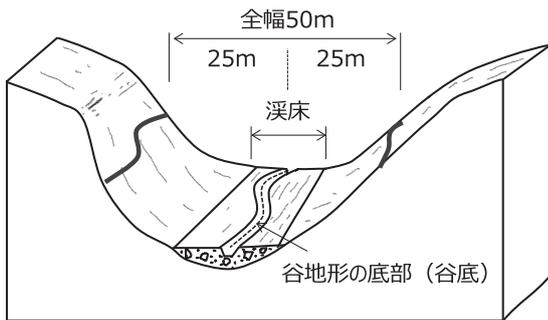
盛土等に関する工事について「4. 規制対象」で示した許可を受ける際には、当該工事の計画が政令で規定する技術的基準に適合することが必要となる。

(2) 法改正に伴う技術的基準の見直し

本法の技術的基準は、改正前の宅造法の技術的基準を基本としながらも、令和3年7月に静岡県熱海市で発生した盛土の崩壊に伴う土石流災害等を踏まえ、同様の災害を防止するために必要な要素を追加したものとなっている。また、これに加え、規制区域及び規制対象の拡大を踏まえ、山地・森林の場が有する地盤の複雑性・脆弱性等に配慮した内容の見直しを実施している。以下、主な改正箇所についてその概要を記載する。

① 溪流等における盛土に係る規制

今回の法改正で、溪流等において高さが15メートルを超える盛土をする場合においては、盛土をした後の土地の地盤について、土質試験その他の調査又は試験に基づく地盤の安定計算を行うことによりその安定が保持されるものであることを確かめることを新たに規定した(図一2)。これは、熱海の災害事例等を受け、降雨に伴い流水、湧水及び地下水の影響を受けやすい溪流等については、特に盛土を実施する際に留意が必要であることを踏まえた改正である。具体的には、盛土内の間げき水圧を考慮した安定計算や、地震に伴う



図一2 溪流等の概念図

盛土の強度低下の判定等を行うこと等を想定している。

② 崖面崩壊防止施設の利用

崖面崩壊防止施設とは、鋼製枠工等の地盤の変形への追従性と適切な透水性によって特徴づけられる施設である(表一3)。従前は、盛土又は切土によって生じた崖については擁壁を設置することを基本としていたところであるが、今回の法改正で規制対象となる行為が拡大したこと等を踏まえ、擁壁を設置した場合に地盤の変動や地盤内部への地下水の浸入等の擁壁の機能を損なう事象が生じるおそれが特に大きい場合には、擁壁に代えて崖面崩壊防止施設を設置することを新たに規定した。

ただし、崖面崩壊防止施設は、住宅地等の地盤の変形が許容できない土地には適用できず、また、工事後に土地利用方法が住宅地等に変更されることが想定される場合においても、同様に崖面崩壊防止施設は適用すべきではない点に、十分に留意する必要がある。

③ 崖面以外の地表面の侵食防止

宅造法においては崖面を擁壁で覆わない場合には侵食防止措置を講ずることを規定していたところであるが、今回の法改正に伴う規制区域及び規制対象の拡大を踏まえ、崖面以外の地表面についても植栽等による侵食防止を図ることを新たに規定した。

ここで、適切な排水勾配が設けられ侵食が防止されている土地や、道路、農地等その他の土地利用状況から侵食防止措置の必要がないことが明らかな土地については、当該規定は適用されない点に留意が必要である。

④ 土石の堆積の技術的基準

今回の法改正で新たに規制対象となった土石の堆積は、一時的な行為であることから、恒久物である盛土又は切土とは全く異なる技術的基準が必要である。これを踏まえ、土石の堆積については堆積を行う土地の勾配、堆積する土石の高さに応じた空地の確保、地表水の排除等を技術的基準において規定した(図一3)。これらの基準は、土石の堆積が崩壊した場合においても周辺に被害を及ぼさないことを想定して設けたものである。

表一3 崖面崩壊防止施設

項目		崖面崩壊防止施設		
工種名		鋼製枠工	大型かご枠工	ジオキスタイル補強土壁工
代表工種	イメージ写真			
	変形への追従性	中程度	高い	中程度
耐土圧性		相対的に小さい土圧		
透水性		高い(中詰め材を高透水性材料とすることで施設全面からの排水が可能)		中程度(一般に排水施設を設置する)

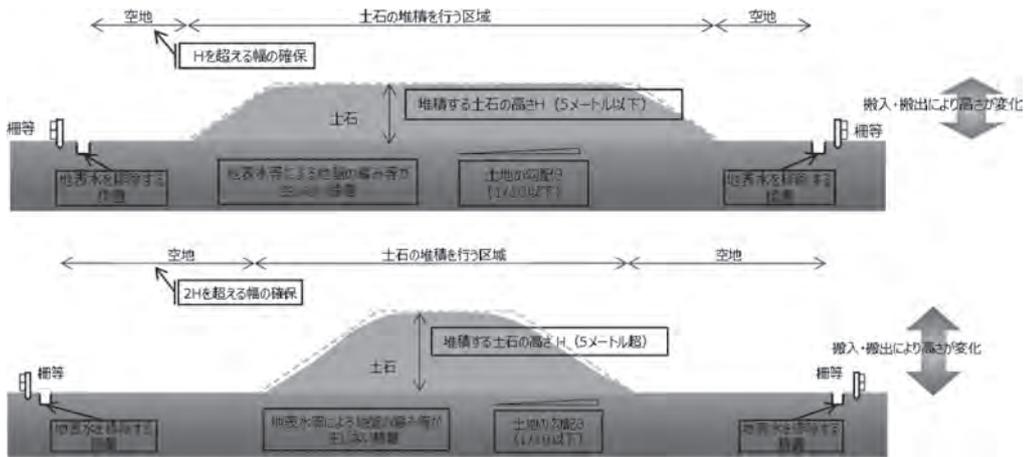


図-3 土石の堆積の技術的基準

この他、技術的基準において、堆積した土石の崩壊に伴う土砂の流出を有効に防止する措置（鋼矢板等の適切な設置等）を実施することで、空地の設置に代えることができること等を規定している。

6. 検査等について

本法に規定する技術的基準に合致した盛土等が適切に施工されるよう、今回の法改正では中間検査及び定期報告についても新たに規定している。中間検査及び定期報告の対象となるのは、一定規模以上の宅地造成又は特定盛土等である。規模要件については表-1を参照のこと。

①中間検査

規模要件に合致する宅地造成又は特定盛土等については、中間検査の対象となる。中間検査の対象となる項目は、盛土をする前の地盤面又は切土をした後の地盤面に排水施設を設置する工事の工程である。これは、盛土又は切土の安定を保つうえで排水施設が適切に施工されている必要があること、また、排水施設が埋設された後は確認が困難となることを踏まえたものである。

なお、都道府県等においては、中間検査の規模要件の引き下げ及び検査項目の追加が可能である。

②定期報告

規模要件に合致する盛土等については、3か月ごとに盛土、切土又は土石の堆積の高さ、面積等を報告することが定められている。これにより、適切な工事の実施が図られ、盛土等の安全性が確保されることとなる。

なお、都道府県等においては、定期報告の規模要件の引き下げ、定期報告を行う期間の短縮及び報告事項の追加が可能である。

7. おわりに

本稿で紹介した内容を含め、盛土規制法に関する情報は、以下のウェブサイトに掲載しているのので、そちらも参照いただきたい。

また、本法の施行に向けては、「盛土等防災対策検討会」を設置し、盛土等の安全基準のあり方等について議論を重ねてきた。また、議論した内容は、案が取りまとまった段階で速やかに公表することで、地方公共団体の方々からの意見を募り、更新を重ねてきた。御協力いただいた検討会委員の方々、御意見をいただいた地方公共団体の方々に対し厚くお礼申し上げる。

～盛土規制法に関する情報は、以下のウェブサイトをご覧ください～

国土交通省 <https://www.mlit.go.jp/toshi/web/morido.html>
 農林水産省 <https://www.maff.go.jp/j/nousin/morido/morido.html>
 林野庁 <https://www.rinya.maff.go.jp/j/tisan/tisan/morido.html>



国土交通省



農林水産省



林野庁



土を盛るのが好きなモグラの子
“モリオくん”



土を掘るのが好きなモグラの子
“キリコちゃん”



【筆者紹介】

宮川 武広 (みやがわ たけひろ)
 国土交通省 都市局 都市安全課 課長補佐
 (併) 大臣官房参事官 (宅地・盛土防災担当) 付



55 t 級リジッドダンプによる自動運転システム開発

青木 浩章・田村 道生・遠藤 亮雄

建設業界における人手不足を解消するための技術の1つとして、建設機械の自動化がある。これは省人化による生産性の向上だけでなく、無人化による労働環境の改善や安全性の向上も期待できる重要な技術であると考えている。そこで、1つの建設現場で複数台が稼働するダンプトラックに着目して、土運搬作業の一連動作を自動で行うシステムの開発を行った。本編では、開発した自動運転システムの概要及び実験フィールドにおいて実施した能力検証の結果について報告する。

キーワード：ダンプトラック、自動化、リジッドフレーム式、能力検証、高速走行

1. はじめに

生産労働人口の減少が社会問題となる中、建設業界では3K（きつい、汚い、危険）に代表される負のイメージによる若者離れにより、他産業と比べて高齢化が進んでいる。さらに、近い将来には熟練高齢者の大量離職が見込まれるため、人手不足が深刻な問題となっている。そこで、国土交通省は2016年を生産性革命元年と位置付け、2025年までに建設現場の生産性を2割向上させることを目標とし、①ICTの全面的な活用（ICT土工）、②全体最適の導入（コンクリート工の規格の標準化等）、③施工時期の平準化をトプランナー施策とした「i-Construction」を推進している。さらに、2022年には「インフラ分野のDXアクションプラン」が策定され、i-Constructionの目的である建設現場の生産性の向上に加え、業務、組織、プロセス、文化、風土や働き方を変革を目的とした取組みを進めている。以上のことから、ICT技術を活用し、建設現場をよりスマート化するための開発が活発に行われている。その中でもロボット技術を駆使した建設機械の自動化は、省人化による生産性の向上だけでなく、無人化による労働環境の改善や安全性の向上も期待できる重要な技術であると考えている。そこで、1つの建設現場で多くの台数が稼働するダンプトラックに着目して、土運搬作業の一連動作を自動で行うシステムの開発を行った。本編では、開発した自動運転システムの概要及び実験フィールドにおいて実施した走行精度や作業効率の検証結果について記載する。

2. 自動運転システムの概要

(1) 使用機械及び設置機器

今回自動化を行ったリジッドダンプの外観を図-1に示す。ベースマシンである小松製作所製の55t積みリジッドフレーム式ダンプトラックHD465に対して電制化改造を行い、電気仕掛けでの動作を可能とした。主な改造箇所はステアリングの油圧を制御するための電磁制御弁や車体情報を測定するための各種センサの増設である。また、自動運転モードとマニュアルモードに切替えるための切替えスイッチを付与することで、マニュアルモード時には通常のダンプトラックと同等にオペレータが搭乗しての通常運転が可能となっている。外部からの自動運転モードとマニュアルモードの判別は、後方と前方の左右の3箇所に設置し

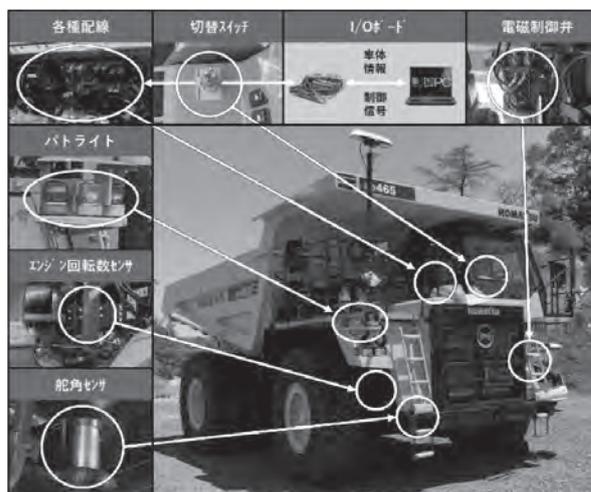


図-1 自動化リジッドダンプの外観

た3色パトライト灯により判別することができる。自動運転モードの場合は黄色、マニュアルモードの場合は緑色、そして異常が発生した場合は赤色が点灯する。さらに、自己位置を認識するためのRTK-GNSS方位計、障害物を検知するLiDARセンサ、外部との通信や非常停止を行うための無線機、及び車載カメラを設置している。設置位置を図-2に示す。



図-2 周辺機器設置位置

(2) システム構成

図-3に今回開発した自動運転システムの構成を示す。車載された制御PCに自動運転のソフトウェアがインストールされており、自動化ダンプトラックの動作はこの制御PCからの指示によって行われる。なお、自動運転のソフトウェアは自動自動車用のオープンソースである「Autoware」を活用している。制御PCからの制御信号は、I/Oボードによってそれぞれの信号を変換した後に各種コントローラに伝達され、電磁制御弁を制御することでダンプトラックが動作す

る。稼働時の車速や操舵角等の車両情報は各種センサにより測定され、同様にI/Oボードを通して制御PCへと伝達される。位置情報を取得するRTK-GNSS方位計や周囲の点群情報を取得するLiDARセンサは直接制御PCへと繋がっている。車両情報を常時取得し、設定した走行経路からの誤差に対してフィードバック制御を行うことで自動運転の制御を行っている。制御PCへは無線ネットワークを用いて遠隔からアクセスすることができ、各種設定や自動運転開始・停止の指令を出すことができる。また、操作画面上で遠隔操作モードに切替えると、コントローラを使った遠隔操作を行うこともできる。

(3) 安全対策

安全対策として、自動運転中に懸念される人や障害物への接触に対する機能を実装している。図-4に接触防止機能の模式図を示す。前後に設置したLiDARセンサにより周囲の状況を取得することで、走行経路上の障害物の有無を検出しており、障害物が設定されたエリア内で検出された場合に自動で減速・停止を行う機能となっている。エリアには減速エリアと停止エリアの2種類を設定しており、障害物の検出が減速エリア内の場合には10 km/hまで自動走行を減速させ、停止エリア内に入ると停止させる仕組みである。減速エリアは走行速度で進行方向に対する距離を調整しており、高速での走行時にはより遠くから減速させることができる。これにより、30 km/hでの走行時においても障害物に接触することなく停止することを確認している。なお、後進は速度が遅いため、後方は停止エリアのみを設定している。自動走行停止後に

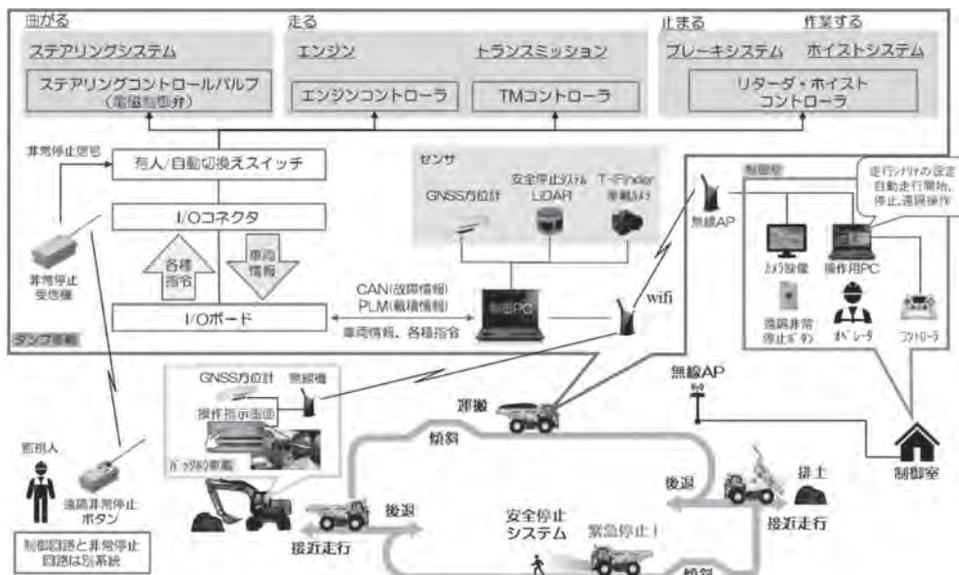
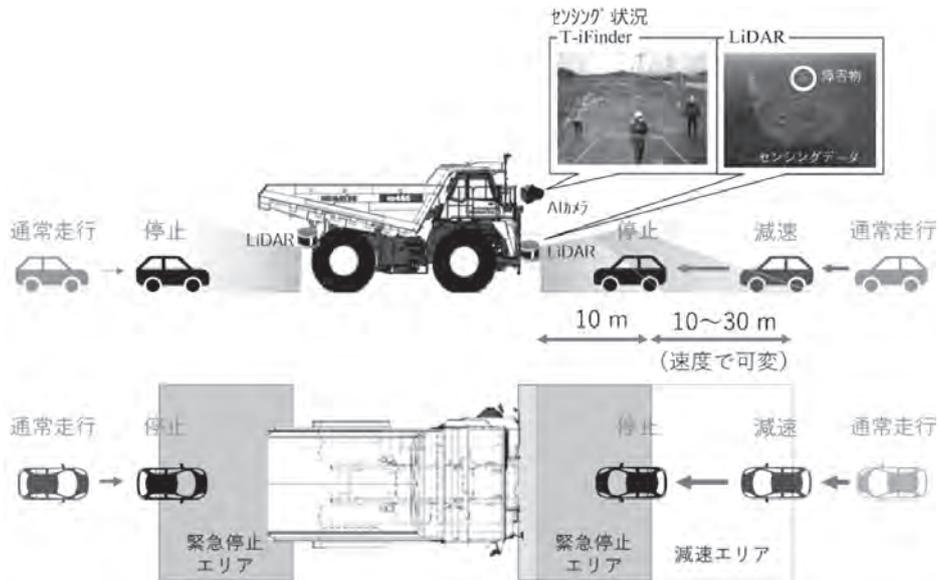


図-3 自動運転システムの構成



図一 自動運転システムの構成

障害物が移動または撤去され、エリア内に障害物が検出されなくなった場合は一定の間隔を置いて、自動運転が再開される。また、車載カメラ映像からAIを用いて人体検知を行うシステムである「T-iFinder」の併用も可能となっており、LiDAR センサによる障害物検知と同様に、設定したエリア内に人が検出された場合に自動運転を停止させることができる。

その他の安全対策として、走行経路からの逸走に対する安全機能がある。もとより走行経路から機体が逸走した際は自動で停止する機能が自動走行プログラムに組み込まれているが、万が一に暴走した場合の対策として非常停止装置が実装されており、遠隔から非常停止ボタンを押すことで強制的に走行を停止させることができる。この非常時の無線信号は自動運転の指令を送る信号とは異なる周波数帯を使用しており、ユーザーインターフェース（以下、UI）上から停止信号を送れない状況でも対応が可能である。さらに、非常停止装置の発信機と受信機は常に接続確認を行い、接続されていない場合は自動運転が停止する仕組みとすることで、自動化ダンプトラックに停止信号が届かずに非常停止装置が作動しないといった事態を防げるようになっている。

(4) 作業シナリオの作成方法

土運搬作業は一般的に①積込機械への接近走行、②積込待機、③土砂運搬、④排土場所への接近走行、⑤排土動作、⑥積込場への走行といったタスクがあり、走行以外に実施すべき動作が存在する。さらに、実際の現場では積込場所や排土場所といった目標地点や走行経路、作業内容等が工事の進捗に伴い変化して

いくため、事前に計画した自動運転シナリオを日々更新する必要がある。そのため、本自動運転システムでは、できる限り簡易に自動運転の作業シナリオを作成するために、簡易プログラム「Blockly」を用いたUIを採用した。「Blockly」はビジュアルプログラミング言語で、定義されたブロックをパズルのように組み合わせることでプログラム（以下、作業シナリオ）を作れるため、専門的な知識が無くても操作が可能なツールとなっている。図一5に自動運転の実行画面を示す。本自動運転システムでは各タスクをブロックで表現し、UI上でそれぞれのタスクのブロックを積み重ねることで、実施する作業シナリオの作成が可能となっている。

表一1にブロックの種類を示す。走行に関するブロックには、決まったルートを行く「経路走行」と指定した座標へ経路を自動生成して低速で接近する「接近走行」の2種類がある。基本的には「経路走行」で土砂運搬を行い、積込位置や排土場所への接近は受取った積込機械や敷均し機械の位置座標へと経路を自動作成する「接近走行」を用いることで、作業の進捗に伴う積込・排土場所の変化に対応できるようにし



図一5 自動運転操作画面

表一 1 ブロックの種類

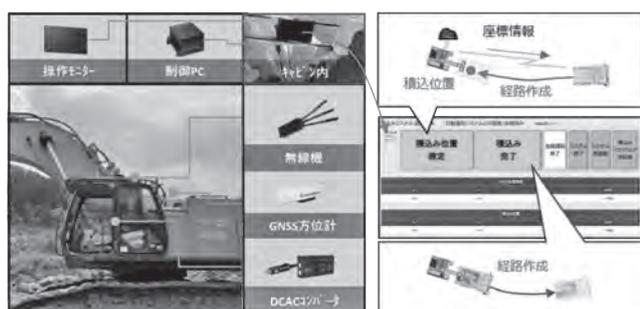
ブロック名	ブロック	動作設定内容
合図		ホーンを鳴らす (1~3 回)
地点設定		地点マーカーの色, 地点番号 (地点1~5, 積込み位置, 排土位置も含む), 方位角 (ダンプトラックの向き)
イベント待ち		前の動作で停止し, 待ち解除ボタンを押すまで次の動作は実行されない
接近走行		自動生成された経路の色, 地点番号 (地点1~5, 積込み位置, 排土位置も含む), 進行方向 (前進or後退)
経路走行		経路の色と予め走行して記録した経路
排土動作		ダンプアップの分割回数
繰り返し		ブロックの繰り返し回数

た。「経路走行」の走行経路や走行速度は事前にオペレータが搭乗して手動操作で走行させて記録したデータを使用し, 操作画面で選択すると地図上に走路が表示されて視覚的に確認することができる。また, 「経路走行」の最高速度は 30 km/h となっており, それ以上の速度で手動走行させても, 経路走行の速度データは 30 km/h で記録される。

走行以外の動作としては, ホーンを鳴らす「合図」やダンプアップ・ダウンを実施する「排土動作」がある。動作以外のブロックは, 主に接近走行で使用するための座標位置と方位角を指定する「地点設置」や自動運転の処理を一時停止させ, 解除するまで次の動作が実行されなくなる「イベント待ち」, 間に挟まれたブロックの動作を設定した回数繰り返すことができる「繰り返し」がある。作成した作業シナリオを選択して自動運転を開始すると, 上から順番にタスクが実行されて土運搬作業の一連動作を自動で実施することができる。

(5) 積込システム

本自動運転システムはオペレータが搭乗した積込機械や敷均し機械との連携を考慮したシステムを実装している。図一6に積込機械に適用した場合のシステ



図一6 積込システム概要

ム概要を示す。積込機械の位置座標及び方位を取得する RTK-GNSS 方位計と取得したデータを自動化ダンプトラックに送信する無線機, やり取りを行うためのシステムを搭載した車載 PC 及びタッチパネル式の操作モニターを通常の積込機械に後付けする形である。操作手順は以下の通りである。

- ①自動化ダンプトラックが経路走行により積込場まで自動走行を行い, 切返し地点で停車する。
- ②積込機械のオペレータは土砂をすくった後に, 自動化ダンプトラックを停止させたい方向に旋回させる。
- ③積込機械のオペレータはキャビン内に設置された操作画面の「積込位置確定」ボタンを押す。
- ④積込位置及び方位が自動化ダンプトラックに送られ, 接近走行のタスクにより走行経路が作成される。
- ⑤自動化ダンプトラックが作成された走行経路を自動走行し, 積込位置で停車する。
- ⑥積込機械のオペレータは自動化ダンプトラックに土砂を積み込み, 完了後に「積込完了」ボタンを押す。
- ⑦自動化ダンプトラックが排土場へ自動走行を開始する。

以上のように自動運転中のダンプトラックに対して, 積込作業における停止位置や積込開始・終了のタイミングを任意で指定することが可能である。また, 敷均し機械にこのシステムを取付けることで, 排土場においても同様に行うことができる。

3. 自動運転システムの能力検証

開発した自動運転システムの能力検証として, 走行精度及び作業サイクルタイムの確認を行った。検証場所は三重県桑名市にある実験場にて行い, いずれも気象条件は晴れの環境で実験を行った。

(1) 走行精度の確認

図一七に自動運転システムの走行精度検証を行った実験コースを示す。斜度 13% を含む総延長が約 1,500 m のコースとなっている。土運搬作業の 1 サイクルを模擬して、積込場から土砂を積込んだ状態で自動運転を開始し、排土場で排土した後に再び積込場へと戻ってくるまでの走行軌跡を取得した。そして、目標走行経路に対する走行誤差及び積込場や排土場への停止位置誤差を計測した。計測は 5 回行い、その際の最大誤差及び走行誤差の標準偏差の算出を行った。図一八に誤差の算出方法を示す。走行誤差は自己位置と近い目標経路 2 点との垂直距離、停止位置誤差は実際に停止した位置と目標停止位置との間の進行方向に対する距離とした。

表一二に積載有り／無し時の計測結果を示す。走行誤差及び停止位置誤差は、未積載時よりも土砂を積込んで走行した時の誤差が大きかった。また積載時の

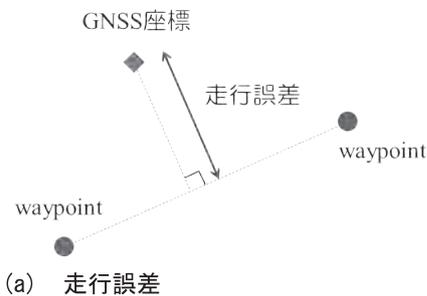


(a) 往路経路



(b) 復路経路

図一七 走行精度検証実験コース



(a) 走行誤差



(b) 停止位置誤差

図一八 誤差算出方法

最大走行誤差は約 1.67 m であり、30 km/h で直線走行した箇所で生じていた。さらに積載時の最大停止位置誤差は約 0.37 m で標準偏差は約 0.28 m であった。速度 30 km/h での自動走行においては一定の走行誤差はあるものの、走路幅を考慮して走行計画を立てることで十分に運用に耐えうる精度で自動走行が可能であることが確認できた。

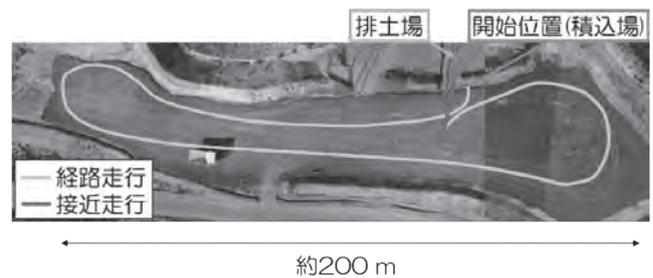
(2) 作業効率の確認

今回開発を行った自動運転システムの作業サイクルタイムと有人操作時との比較を行った。図一九に走行経路を示す。積込場所から走行を開始し、排土場所まで走行したところで排土動作を行う。その後、積込場所へと戻るまでの 1 サイクルを行うのに必要な作業時間の計測を行った。コースの総延長は約 500 m となっている。始めに走行経路や速度を記録させながら有人でコースを走行させ、それを有人操作時としてサイクルタイムの計測を行った。このとき、最高速度が 30 km/h を超えないように走行させている。その後、取得したデータから作成した作業シナリオで自動走行し、自動運転でのサイクルタイムの計測を行った。なお、積込場・排土場への走行は接近走行で行った。

表一三に有人操作時及び自動運転時において、各

表一二 走行誤差及び停止位置誤差

走行誤差 [m]				停止位置誤差 [m]	
積載有り		積載無し		積載有り	積載無し
最大値	標準偏差	最大値	標準偏差		
1.67	0.28	0.83	0.17	0.37	0.19



(a) 往路経路



(b) 復路経路

図一九 サイクルタイム計測コース

表一三 サイクルタイム計測結果

	有人走行 [s]	自動走行 [s]
排土場へ経路走行	96	99
排土場へ接近走行	27	24
排土動作	28	28
積込場へ経路走行	97	99
積込場へ接近走行	19	16
サイクルタイム	267	266

タスクを実施するための経過時間を示す。経路走行に関しては有人操作時の方が速く、有人操作に対して自動運転は往路で約97%、復路で約98%の効率であった。接近走行に関しては自動運転の方が速い結果となった。これは、有人操作の場合は物理的にシフトの切替えを行う必要があるのに対して、自動運転は瞬時に切替えが可能のため、動き出しまでの時間の差が原因であると考えられる。また、排土動作に要した時間は同等となっており、全体のサイクルタイムで比較するとほとんど変わらない結果となった。今回開発した自動運転システムは有人操作と遜色のない動作が可能であると考えられる。

4. おわりに

55t級リジッドダンプに対して、土運搬作業を自動で実施可能な自動運転システムを開発し、走行精度及びサイクルタイムの検証を行った。その結果、有人操作と遜色ない動作が可能であり、経路幅を考慮して走行計画を立てることで問題なく運用が可能なシステムであることを確認できた。しかし、今回の検証は実験場でのものであり、実際の工事現場での運用では、シ

ステムの安定性や耐久性、現場環境へのロバスト性、運用における安全性が必須である考えられる。また、現状の自動化はリジッドダンプ単体であり、複数台での走行や他の重機と連携するためのシステムが必要となる。今後は現場での運用を通して、課題の抽出及び改善を実施して行くと共に、複数台を対象としたシステムを構築することで、生産性向上に貢献できるシステムを目指していく。

謝 辞

自動運転システムの技術開発にあたり、多岐にわたりご指導とご協力を頂きました関係各位に厚く御礼を申し上げます。

JCMA

【筆者紹介】

青木 浩章 (あおき ひろあき)
大成建設㈱

技術センター 生産技術開発部 スマート技術開発室
室長



田村 道生 (たむら みちお)

大成建設㈱
技術センター 生産技術開発部 スマート技術開発室
メカトロニクスチーム
チームリーダー



遠藤 亮雄 (えんどう あきお)

大成建設㈱
技術センター 生産技術開発部 スマート技術開発室
メカトロニクスチーム
課長代理



品質向上と計測管理の省力化を実現する地盤改良工 管理技術の開発

地盤改良施工管理システム「OGIMS™」

田中博之・三浦国春・稲川雄宣

地盤改良工事では、従来、事前ボーリング調査から得られる情報に基づき地盤性状を推定し、改良仕様を決定していた。しかし、工事着手後に推定した地盤性状と実際が異なっていた場合は、改良不足や隆起、亀裂などの地盤変状が発生する可能性があり、実際の地盤性状の把握とそれに応じた施工管理方法が課題であった。これらの課題を解決するために、削孔検層技術による改良範囲の地盤推定、3次元モデルを用いた地盤情報の可視化、及び施工状況を常時監視することで改良地盤の品質向上や計測管理の省力化が図れるシステムを開発した。本稿では、システム概要及び開発したシステムの有効性を検証するために実施した実験結果について報告する。

キーワード：地盤改良工，削孔検層，地盤推定，ICT，計測管理

1. はじめに

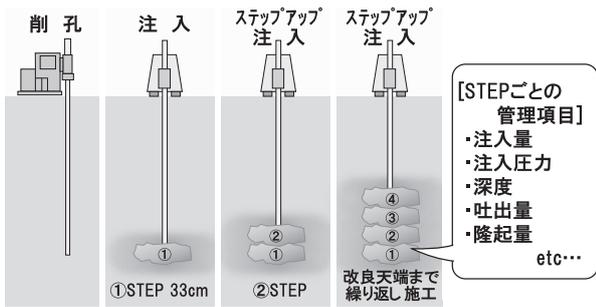
地盤改良工事は、主に軟弱地盤対策として実施される。また、岩砕や建設残土、浚渫土砂など不均一な材料で埋め立てられた地盤上に建設された空港・港湾施設などの地震時の耐震性の向上や液状化対策としても実施され、静的圧入締固め工法（以下 CPG 工法）や高圧噴射攪拌工法、薬液注入工法などの工法が広く用いられている。従来は、事前調査ボーリングから得られる地盤性状、強度特性、標準貫入試験結果などから改良仕様（改良間隔、改良径、注入率等）を決定している。しかし、設計時に想定した地盤と実際の地盤が異なると、所定の改良径ができない、逆に所定の改良径以上の改良となる等の事象が生じ、改良不足や地盤隆起といった問題が生じる。これらの課題を解決するため、削孔検層技術による改良範囲の地盤推定、3次元モデルを用いた地盤情報の可視化、施工状況を常時監視することで改良地盤の品質向上や計測管理の省力化が図れる地盤改良施工管理システム「OGIMS（オージムス）」(Obayashi Ground Improvement Management System) を開発した。本技術を CPG 工法等の地盤改良工法に用いることで、地盤改良材の注入前に改良対象地盤の土質が推定できる。これにより、細粒分を含む中間土などの隆起が発生しやすい土質に対しては、注入速度や改良箇所の打設順序を変更することで、改良不足や地盤隆起の発生を抑制する施工が可能となり、高品質かつ効率的な地盤改良が実施できる。本稿

では、技術の適用対象工法の一つである CPG 工法の概要、開発したシステムを構成する技術の概要と地盤推定技術の開発経緯、および有効性を検証するために実施した検証実験結果について報告する。

2. CPG 工法の概要

CPG 工法とは、極めて流動性の低い注入材を地盤中に静的に圧入して固化体を連続的に造成し、固化体間の締固め効果により液状化を防止する工法である。CPG 工法が他の注入工法と最も異なる点は、注入材が地盤に浸透や脈状割裂、攪拌混合せずに、注入点付近で地盤を押し上げて固化体を形成するところにある。所定の改良効果を確保するために、設計注入量を管理する他、圧入工法の特性から地盤隆起を生じ易いため、隆起量やその要因となる注入圧力の上昇に留意しながら施工する必要がある。

CPG 工法は、図-1 に示す施工手順の通り、所定深度まで削孔終了後に注入材を注入し、固結体を造成する。施工 STEP ごとに注入量、最大注入圧力、隆起量などの項目を記録・管理する必要がある。改良層厚が厚く、かつ広範囲に渡る工事では膨大な管理情報量となり、施工管理や品質管理における記録整理が煩雑となる。さらに、同時に施工する注入の影響範囲が重なると、地盤のせん断抵抗が働かなくなり、上方に向かって押し上げようとする力が加算される。特に土被り 5 m 以浅では注入圧による鉛直変位（地盤隆起）



図一 1 施工手順及び管理項目

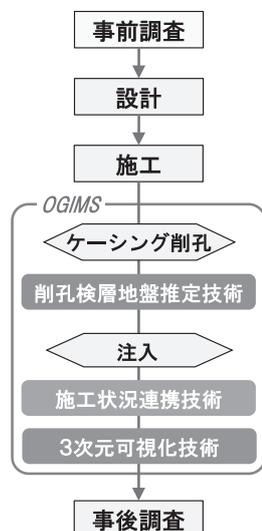
が顕著になるため、近接施工時の影響半径を考慮し、同日に施工する注入孔を離れた順序の分散施工を行う。また、改良後は、注入材の圧入により周辺の間隙水圧が上昇して地盤隆起が生じやすい状態にあることから、間隙水圧が消散する期間（3～5日程度）を空けて施工する必要がある。このように、施工箇所を不連続に移動して施工するため、工程管理や進捗管理が非常に複雑となる上、確実な改良効果を得るために改良箇所の地盤性状や過去の施工情報を把握しながら次段階の施工検討を行うことが重要となる。

3. システムを構成する技術の概要

本技術は、図一 2 に示すフローで適用することができる。各技術の概要を以下に示す。

(1) 削孔検層地盤推定技術

削孔機に取り付けた各種センサーを用いて、ケーシング削孔時に回転トルク値と深度情報を取得し、分析することで改良前に施工範囲の地盤情報を把握する技術である。本技術は、既往の調査ボーリングのデータ

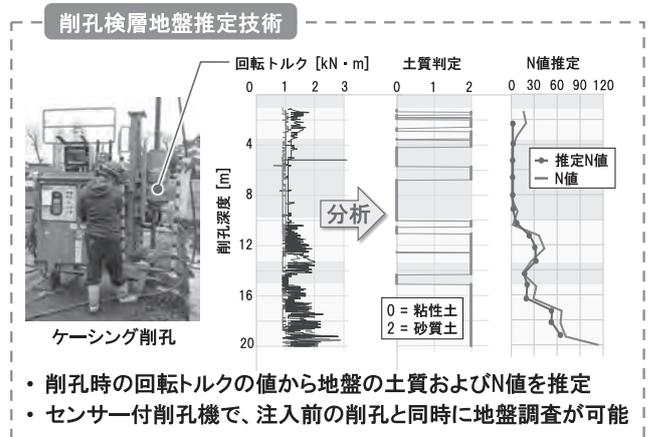


図一 2 OGIMS の適用フロー図

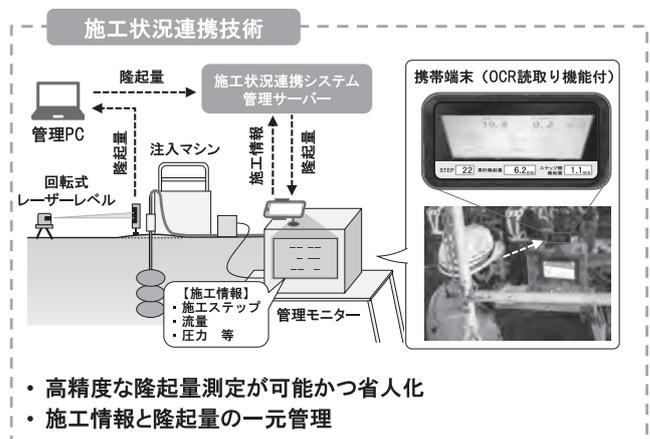
およびその孔に最も近い施工孔を基準削孔としてキャリブレーションを行う。基準削孔で得られた回転トルクデータから土質判定に必要な各データの閾値および、N 値の推定式を求める。求めた各データの閾値と推定式を他の孔に適用し、地盤推定を行い、既往ボーリング調査を補完する（図一 3）。

(2) 施工状況連携技術

従来、地表面の隆起量はレベル測量により取得しており、注入圧力などの施工情報とは連携されていなかった。このため、隆起量は注入ステップなどの施工進捗状況とは連動して管理されておらず、各注入機の進捗状況を計測管理の担当者が巡回しながら確認にあたり、別途レベル測量により得られた隆起量を突き合わせて管理していた。しかしながら、各注入機の進捗は一律ではなく、1つの施工エリアに複数台同時に作業していることから、限られた人員で正確な進捗状況を把握することに多大の労力を要した。この課題を解決する目的で、リアルタイム計測で得られる隆起量と注入情報を集約・管理する技術を開発した。図一 4 に



図一 3 削孔検層地盤推定技術の概要



図一 4 施工状況連携技術の概要

示すように、OCR 技術（光学的文字認識技術）を搭載した携帯端末で注入装置の注入管理モニター画面に表示される施工管理情報を撮影して数値情報を自動で読み取り、取得した施工情報と回転式レーザーレベルを用いて 0.1 mm 単位で自動計測した隆起量を管理サーバー上で集約・管理する技術である。隆起量と施工情報を連携することで、施工ステップ毎の隆起量を一元管理でき、隆起量、注入圧力などの警戒値で自動発報（メールで通知等）も行えるシステムとした。

(3) 3次元可視化技術

地盤改良工における施工情報（施工日、注入圧力など）や隆起量、削孔検層で推定した地盤情報を3次元地盤改良モデルで一元管理して可視化する技術（図-5「鉛直削孔」）である。また、隆起量を3次元可視化するシステム（図-5「隆起量の可視化」）も構築した。注入情報や隆起量を可視化し、対象地盤に応じた注入方法（注入速度の低減等）を判断することで、改良効果を確保できる。

4. 削孔機を利用した地盤推定技術の開発

3章で示した削孔検層地盤推定技術は、センサーを取り付けた削孔機を用いて、注入用の削孔と同時に地盤情報を収集し地盤性状の推定を行う。そのため、追加ボーリング調査を行わずに、注入作業前に施工箇所での地盤性状が推定できる。本章では、本技術を開発するにあたり実施した検証および土質判定方法やN値推定式の構築方法について示す。

(1) 地盤推定の可能性確認

ケーシング削孔時に、削孔機から得られるスピンドルの回転トルクや削孔速度、フィード圧などの取得

データが、どのように変化するか確認し、得られた結果から地盤の推定が可能であるか検討するために、試験施工を実施した。使用機械の仕様等を図-6、本試験のケースを表-1、結果を図-7に示す。これより、削孔条件を削孔速度：2.0 m/min、スピンドル回転数：50 rpm に設定することで、削孔地盤に応じて回転トルクに特徴的な変化を確認することができた。また、削孔速度を一定に保つことで、N値の変化と回転トルクの変化の間に相関性が得られた。これらにより、削孔用ボーリングマシンでのケーシング削孔時において、地盤推定の可能性が確認できた。



図-6 使用資機材

表-1 試験ケース

CASE	スピンドル回転数 (rpm)	削孔速度 (m/min)
1	50 (高回転数)	1.0
2		2.0
3		4.0

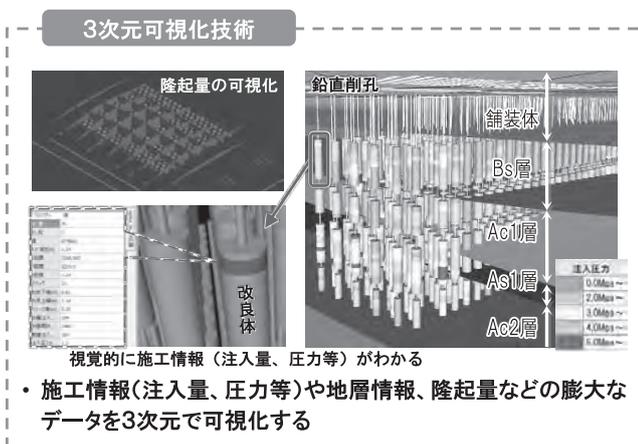


図-5 3次元可視化技術の概要

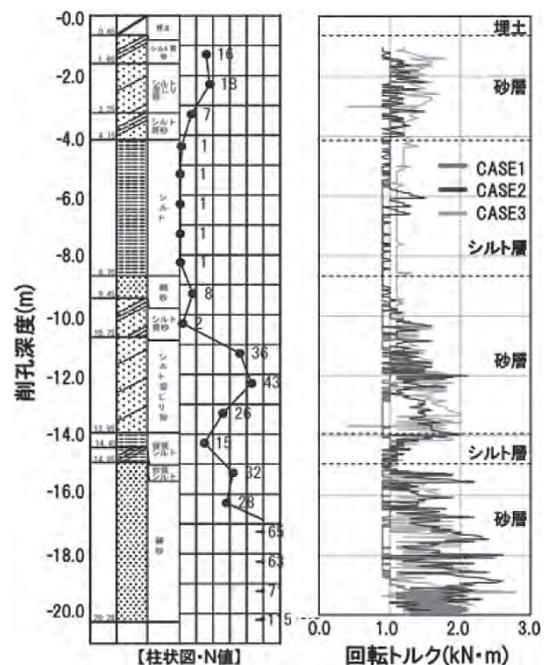


図-7 試験結果

(2) 土質判定方法・N 値推定式の検討

土質判定方法およびN 値推定式を検討するにあたり、既往の調査ボーリングのデータおよびその孔に最も近い施工孔を基準削孔としてキャリブレーションに用いることとした(図-8)。また、本技術に用いたセンサーは1秒ごとに連続してデータを取得しており、段取り替えなどの削孔以外のデータが含まれていたため、取得した回転トルク値の不要データの除去を行った。図-9に示すように、不要データを除去することでノイズがなくなり回転トルクの変化傾向の把握が容易となった。この回転トルクの変化傾向から以下に着目し、土質判定を行うこととした(図-10)。

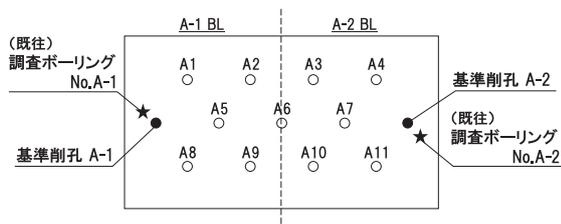


図-8 施工孔の例

①回転トルクデータの平均値
判定対象土層の平均的な回転トルク値として土質判定の参考値とするため、判定対象深度の前後区間データから平均的な回転トルク値を求めた。

②回転トルクデータの分散値

データのばらつきの度合いから土層の変化や均質性を評価するため、判定対象深度の前後区間のデータに対して、ばらつきを示す分散を求めた。

③回転トルクデータの平均および分散と、本技術を施工する孔に最も近い既往の調査ボーリングと比較検証してそれぞれ閾値を設定し、対象土層が粘性土なのか砂質土なのかを判定することとした。また、N 値の推定式を求めるために、まず回転トルク値を補正した。補正の内容は、削孔速度による補正(図-11)と変化量の補正である。削孔速度による補正は、削孔機側で設定した削孔速度に対して、実際の削孔速度の速度変化比に応じて補正した。変化量の補正は、N 値が1

データのばらつきの度合いから土層の変化や均質性を評価するため、判定対象深度の前後区間のデータに対して、ばらつきを示す分散を求めた。

回転トルクデータの平均および分散と、本技術を施工する孔に最も近い既往の調査ボーリングと比較検証してそれぞれ閾値を設定し、対象土層が粘性土なのか砂質土なのかを判定することとした。また、N 値の推定式を求めるために、まず回転トルク値を補正した。補正の内容は、削孔速度による補正(図-11)と変化量の補正である。削孔速度による補正は、削孔機側で設定した削孔速度に対して、実際の削孔速度の速度変化比に応じて補正した。変化量の補正は、N 値が1

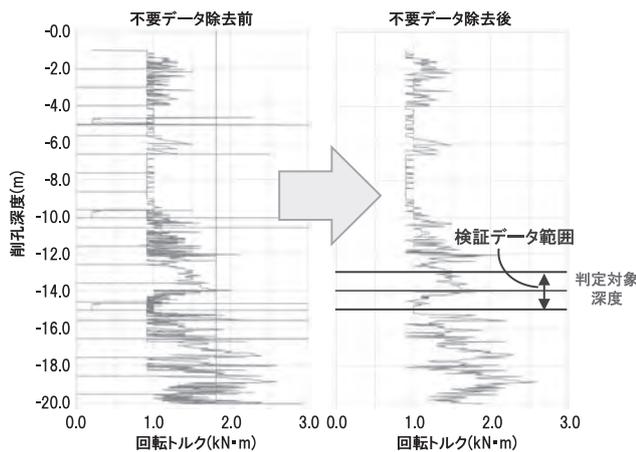


図-9 不要データ除去

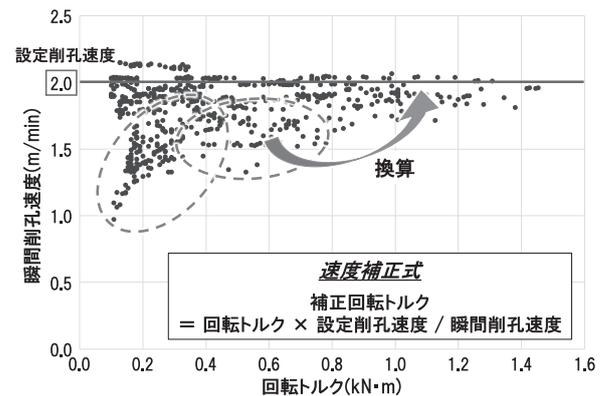


図-11 削孔速度の補正

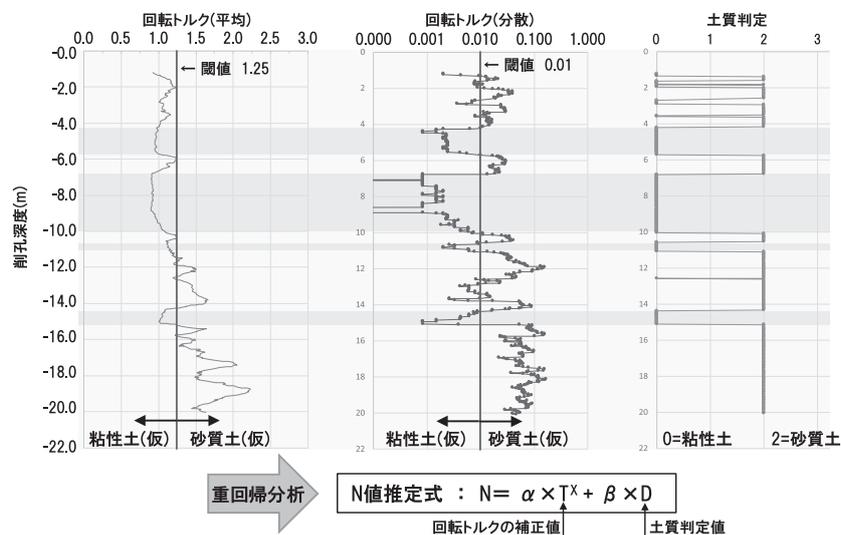


図-10 土質判定・N 値推定式

～100程度の幅で変化するのに対し、回転トルク値は1～10程度の幅でしか変化しないため、変化比が1:1となるように補正した。得られた土質判定値（仮に粘性土=0、砂質土=2）および補正後の回転トルク値を説明変数、既往ボーリングにおける実測N値を目的変数として重回帰分析により推定式を求め、改良箇所（土質判定及び推定N値を算出可能な地盤推定を行うシステムを構築した。

5. 実現場での検証実験

削孔検層地盤推定技術および施工状況連携技術の有効性を検証するため、某地盤改良工事において検証実験を実施した。本工事では液状化対策としてCPG工法が採用されていた。本実験では、削孔データの取得や地盤推定方法の検証、施工状況連携技術の連携状況の確認、及び施工情報や隆起量と推定した地盤の関連性の確認を実施した。実験を実施した削孔位置平面図を図-12に示す。改良箇所にもっとも近い既往の調査ボーリング孔として『01-BB-3』、N値推定式を求めるためのキャリブレーション用の基準削孔として『C14-11』を用いた。キャリブレーションを行い、実測N値に対して重相関係数0.955、重決定係数0.912と高い相関（図-13）が得られたN値推定式を用いて、その

他の調査箇所の土質性状を推定した。また、図-14に示すように施工状況連携技術の検証結果は、リアルタイムに注入情報や隆起量のデータを集約でき、設定した警戒値で自動発報も確認できた。土質判定の結果は、既往の調査ボーリングの結果と概ね一致した。N値の推定結果は、推定したN値が実測N値と比較して大きくなる傾向を有していることがわかった。これは実測N値を取得した時期と違い、地盤改良工により実験実施孔周辺での注入が進んでいたことが一因と考えられる。結果の一例（孔番：C18-10）を図-15に示す。得られた結果より、4.0m以浅の浅層部において隆起量が増大する傾向が示された。

6. おわりに

検証実験において、削孔検層地盤推定技術を用いて土質の判定およびN値を推定することができた。これにより、本技術の地盤推定結果をもとに注入前に注入速度を計画し、隆起量の抑制を図ることが可能であるとされる。さらに、施工状況連携技術を用いる

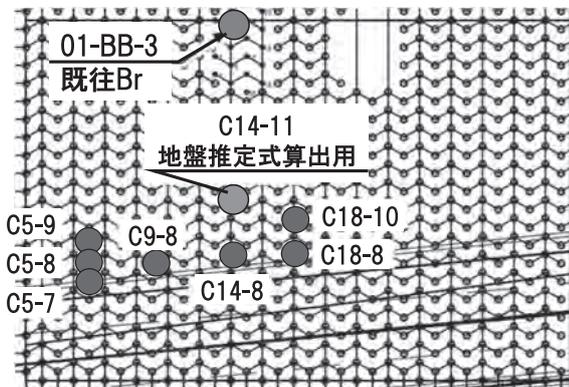


図-12 削孔位置

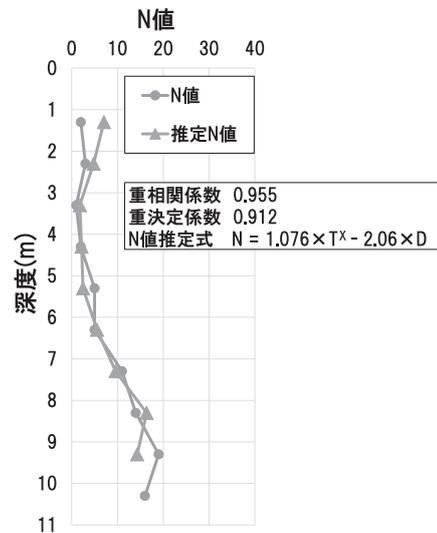
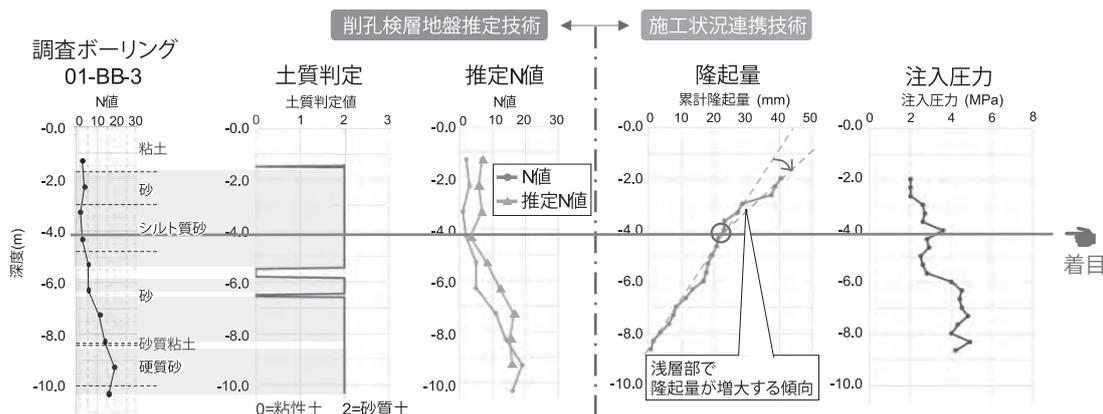


図-13 キャリブレーション結果



図-14 施工状況連携技術 検証状況



図一 15 検証実験結果

ことで、施工中は各種施工情報と隆起量を一元管理し、隆起量や注入圧力の上昇をリアルタイムに監視できる。そのため、隆起や注入圧力の増大傾向に応じた注入速度の調整などが可能となり、高品質かつ効率的に地盤改良を実施できると考えている。今後は、空港・港湾施設等の重要構造物の液状化対策や耐震性向上を目的とする地盤改良工事に本システムを適用することで、改良地盤の品質向上、計測管理の省力化を実現していく予定である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 田中他：地盤改良施工管理システム「OGIMSTM」の検証実験，第58回地盤工学研究発表会，2023年7月（投稿中）
- 2) 三浦他：空港滑走路下における液状化対策工事の舗装隆起管理事例，第21回空港技術報告会，2020年12月

【筆者紹介】



田中 博之（たなか ひろゆき）
 (株)大林組
 土木本部 生産技術本部 技術第二部
 主任



三浦 国春（みうら くにはる）
 (株)大林組
 土木本部 生産技術本部 技術第二部
 担当部長



稲川 雄宣（いながわ ゆうせん）
 (株)大林組
 技術本部 技術研究所 地盤技術研究部
 首席技師

溶融スラグとバイオ炭を用いた脱炭素型地盤改良工法の開発

西田 茉佑子・長澤 正明・衣川 剛央

建設工事で広く行われている地盤改良工事では、固化材として多くのセメントを使用するが、セメントはその製造過程において多量の二酸化炭素を排出する。そこで、脱炭素社会を目指すカーボンニュートラルの取組みとして、溶融スラグとバイオ炭を用いた脱炭素型地盤改良工法を開発した。すなわち、セメント混合前の改良対象土に溶融スラグを混合することで土性を改善し、混合するセメント量を低減するものであり、さらにバイオ炭を混合することで、使用するセメント量の二酸化炭素排出量に相当する炭素成分を固定化し、カーボンニュートラルを実現する工法である。本稿では、その効果を検証するために行った室内試験と現場試験について報告する。

キーワード：地盤改良，浅層混合処理工法，セメント，溶融スラグ，バイオ炭，カーボンニュートラル

1. はじめに

現在、地球温暖化対策としてカーボンニュートラル社会の実現に向けた取組みが全世界的に推進されている。一方で、様々な建設工事において実施される地盤改良工事では、製造過程において多くのCO₂を排出するセメントやセメント系固化材が使用されている。そこで、廃棄物を高温で加熱・溶融後、冷却して固化させた溶融スラグ（写真—1）と、オガ粉から生成されるバイオ炭（写真—2）を改良対象土に混合してCO₂排出量を実質ゼロにする脱炭素型地盤改良工法を開発した。溶融スラグを混合することで土性を改善し、固化材の添加量を低減してCO₂排出量を削減するとともに、バイオ炭を混合することで、固化材のCO₂排出量に相当する炭素成分を固定化し、カーボンニュートラルを実現することとなる。開発にあたり、まず室内試験によって溶融スラグとバイオ炭を混合することによる効果を検証し、その後、室内試験で得られた効果を現場試験による原位置攪拌により検証した。ここでは、その結果を報告する。



写真—1 溶融スラグ



写真—2 バイオ炭（粉状）

2. 使用材料

室内試験と現場試験で使用した材料を表—1に、母材の粘性土および副材の溶融スラグの土質試験結果

表—1 使用材料一覧

試料名	種別	産地・製造元
母材	粘性土	埼玉県深谷市，赤土
副材	溶融スラグ	日鉄エンジ株，エコスラグ
固化材	高炉セメント	宇部三菱セメント株 高炉B種
	セメント系 固化材	太平洋セメント株 特殊土用，ジオセット200
添加材	バイオ炭	奈良炭化工業株 プラス-1 (粒状・粉状)

表—2 母材および副材の土質試験結果

土質名	俗称	赤土	エコスラグ
	工学的分類名	火山灰質粘性土 (低液性限界)	人工材料 ・廃棄物
	工学的分類記号	(VL)	(Wa)
自然含水比 w_n %		52.7	1.4
土粒子の密度 ρ_s Mg/m ³		2.729	2.822
粒度	礫分 %	5.6	1.7
	砂分 %	29.6	88.3
	シルト分 %	53.8	2.1
	粘土分 %	11.0	7.9
	最大粒径 mm	26.5	4.75
単位体積重量 kN/m ³		14.1	17.0

を表一2に示す。粘性土は火山灰質粘性土(赤土)を、固化材は高炉セメントおよびセメント系固化材(以下、固化材)を用いた。バイオ炭は、含水比が約14%の粒状タイプ(粒径2.5mm)と粉状タイプ(粒径1mm以下)の2種類を用いた。

3. 試験概要

(1) 室内試験

室内試験では、粘性土単体および粘性土と溶融スラグの混合土のそれぞれに対して固化材およびバイオ炭を添加し、一軸圧縮強さをはじめとする性状の違いについて検証した。表一3に室内試験のケースを示す。粘性土と溶融スラグの体積比は100:0, 75:25, 50:50の3ケースとし、固化材添加量は50kg/m³, 100kg/m³および150kg/m³とした。ケースS4~S6はバイオ炭を添加し、その添加量は、固化材のそれぞれの添加量(50kg/m³~150kg/m³)に対してカーボンニュートラル(CN)相当となる量(9.3kg/m³~27.8kg/m³)とした。なお、バイオ炭の添加量は文献^{1), 2)}より算出した。文献¹⁾によれば普通セメント1kg製造時のCO₂排出量は757.9g, 高炉スラグは24.1gである。高炉セメントB種の内訳をセメント60%, スラグ40%とした場合、高炉セメントB種1kgあたりのCO₂排出量は757.9g×60%+24.1g×40%=464.38gとなる。なお、セメント系固化材も高炉セメントB種と同様の配合と仮定した。一方、バイオ炭は1kgあたり2.51kgの炭素が固定化されている²⁾。したがって、固化材1kgをカーボンニュートラル(CN)にするために必要なバイオ炭の量は464.38g/2,510g×1kg=0.185kgとなる。

試験体の作製はセメント協会のJCAS L-01, 一軸圧縮試験はJIS A 1216に準じて実施した。また、土質試験は、土の含水比試験(JIS A 1203), 土粒子の密度試験(JIS A 1202), 土の粒度試験(JIS A 1204)を実施した。

表一3 室内試験ケース

ケース	母材と副材の割合(体積比)		固化材(高炉セメント, セメント系固化材)添加量	添加材(バイオ炭)添加量	養生日数
	粘性土	溶融スラグ			
S-1	100	0	50 kg/m ³ , 100 kg/m ³ , 150 kg/m ³	0 kg/m ³	3日 7日 28日
S-2	75	25		0 kg/m ³	
S-3	50	50		0 kg/m ³	
S-4	100	0		9.3 kg/m ³ ,	
S-5	75	25		18.5 kg/m ³ ,	
S-6	50	50		27.8 kg/m ³	

(2) 現場試験

現場試験では、実際の施工状況を模擬し、室内攪拌と原位置攪拌による一軸圧縮強さの関係および盛土材としての使用の可否を検証した。現場試験の材料として、表一1のうち固化材はセメント系固化材を、添加材は粉状のバイオ炭を選択した。主要機械を表一4に示す。現場試験における混合はスタビライザ, 転圧は振動ローラにより行った。表一5に現場試験ケースを示す。粘性土と溶融スラグの体積比は75:25と設定し、固化材添加量を100kg/m³および150kg/m³とした。ケースG-3はバイオ炭を添加し、その添加量は室内試験と同様に固化材のそれぞれの添加量に対してカーボンニュートラル(CN)相当となる量とした。

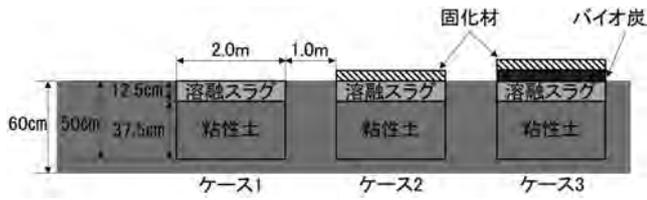
表一4 主要機械一覧

工程	使用機械・仕様		台数
混合	スタビライザ	最大混合深さ0.6m 混合幅1.8m	1
転圧	振動ローラ	搭乗・コンバインド式 運転質量4t	1

表一5 現場試験ケース

ケース	母材と副材の割合(体積比)		固化材(セメント系固化材)添加量	添加材(バイオ炭)添加量
	粘性土	溶融スラグ		
G-1	75	25	0 kg/m ³	0 kg/m ³
G-2	75	25	100 kg/m ³ , 150 kg/m ³	0 kg/m ³
G-3	75	25		18.5 kg/m ³ , 27.8 kg/m ³

図一1に改良レーンの断面を示す。試験ヤードは粘性土を1層30cmの厚さで2層盛り立て、振動ローラで締め固めた。改良レーンは幅2.0m, 深さ50cm, 延長20mとし、粘性土の表層12.5cmを掘削して溶融スラグを敷き均すことで粘性土と溶融スラグの体積比が75:25となるようにした。その後、バイオ炭および固化材を散布し、スタビライザで混合した。施工状況を写真一3~6に示す。混合完了後、採取した試料を用いて現地においてセメント協会基準JCAS L-01に準拠して試験体を作製し、所定日数の養生後、一軸圧縮強度試験(JIS A 1216)を実施した。また、ケース2では、混合攪拌後のレーンにおいて転圧回数が0回, 4回, 6回, 8回となるように振動ローラで締め固めた後、ポータブルコーン貫入試験(単管式)(JGS 1431)と砂置換法による現場密度試験(JIS A 1214)を実施した。



図一 改良レーン断面



写真一六 混合攪拌状況



写真一三 融融スラグ敷均し状況



写真一四 バイオ炭敷均し状況



写真一五 固化材敷均し状況

4. 試験結果

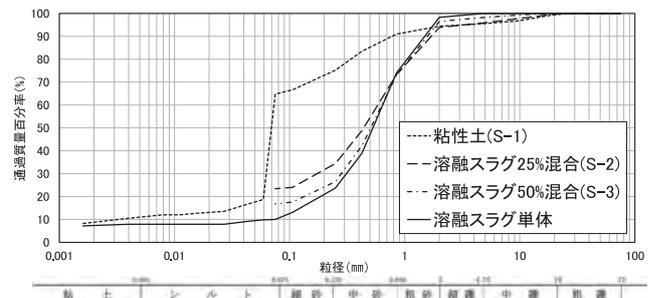
(1) 融融スラグの混合効果～室内試験より

表一六に室内試験の土質試験結果を、図一に粒径加積曲線を示す。粒度試験より、粒径 0.075 mm 以上の粗粒分の割合は、粘性土（ケース S-1）が 35.2%

であったのに対し、融融スラグを体積比で 25% 混合した混合土（ケース S-2）は 76.6% に、50% 混合した混合土（ケース S-3）は 83.2% に増加した。図一三に固化材添加量と一軸圧縮強さの関係を、図一四に含水比と一軸圧縮強さの関係を示す。これらの結果から、融融スラグの混合比率が高いほど含水比が低く、一軸圧縮強さが高いことがわかる。また、高炉セメントに比べてセメント系固化材を用いた方が一軸圧縮強さが高くなっている。ここで、改良目標強度を 250 kN/m² とした場合のセメント系固化材の添加量は、融融スラグを混合しない場合は 129 kg/m³、25% 混合した場合は 76 kg/m³、50% 混合した場合は 53 kg/m³ である。したがって、固化材添加量の低減量は、融融スラグを 25% 混合した場合は 41%、融融スラグを 50% 混合した場合は 59% となる。

表一六 土質試験結果

ケース	自然含水比 w_n (%)	均等係数 U_c	粗粒分 (%)
S-1	52.7	24.3	35.2
S-2	32.1	-	76.6
S-3	19.4	-	83.2
融融スラグ	1.4	8.6	90.0



図一 粒径加積曲線

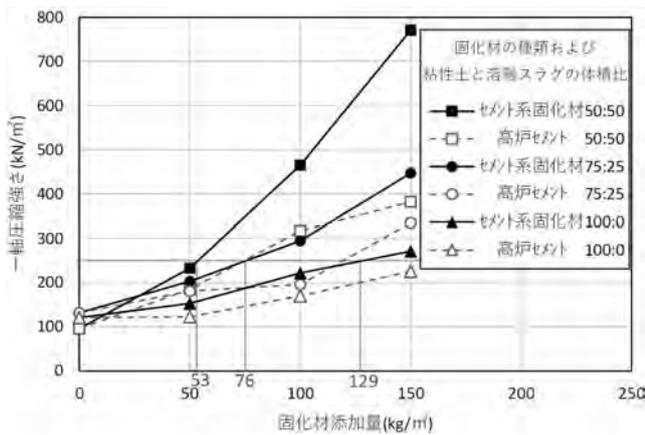


図-3 固化材添加量と一軸圧縮強さの関係 (材齢 7 日)

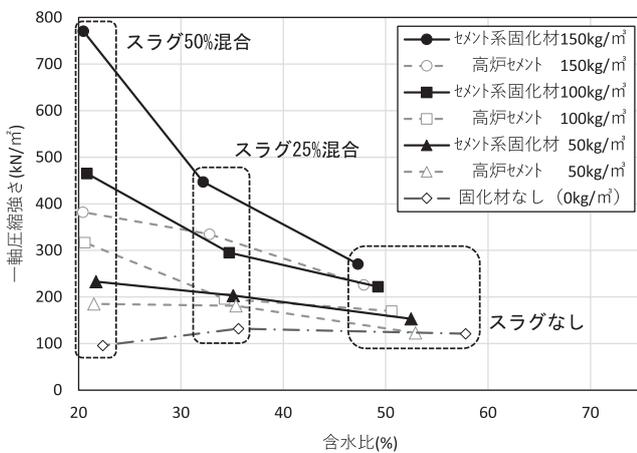


図-4 含水比と一軸圧縮強さの関係 (材齢 7 日)

(2) バイオ炭の混合の影響～室内試験と現場試験より

バイオ炭を混合した場合 (ケース S-5・G-3) の一軸圧縮強さを, バイオ炭を添加しない場合 (ケース S-2・G-2) の結果と併せて図-5 に示す。室内試験ではバイオ炭を添加することによって一軸圧縮強さは低くなったが, 現場試験ではバイオ炭の有無による一軸圧縮強さへの影響は明確には認められなかった。これは, 今回使用したバイオ炭が住宅用床下調湿材としても使用されており, 木炭の持つ吸放湿特性が含水比に影響を与えた可能性があると考えられるが, 明確な理由の解明については今後の課題である。

(3) 室内攪拌と原位置攪拌による一軸圧縮強さの関係～室内試験と現場試験より

図-6 に原位置攪拌と室内攪拌の一軸圧縮強さの比較を示す。原位置攪拌と室内攪拌の比率は概ね 1/2 ~ 1 の間かそれ以上であり, 既往の文献³⁾ と同等の結果となった。

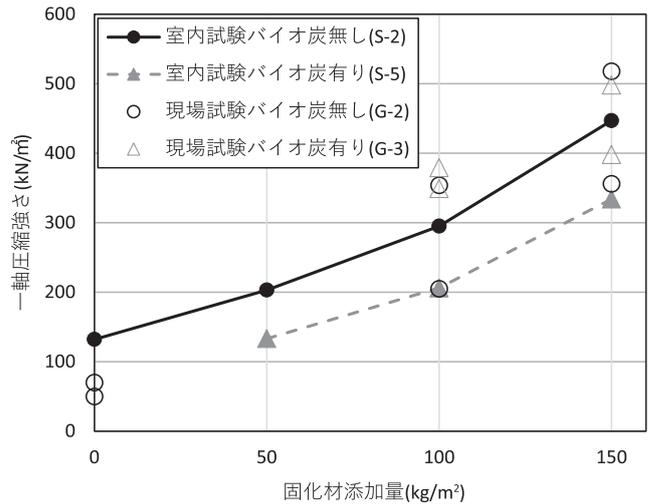


図-5 含水比と一軸圧縮強さの関係 (粘性土: 熔融スラグ = 75 : 25, セメント系固化材, 材齢 7 日)

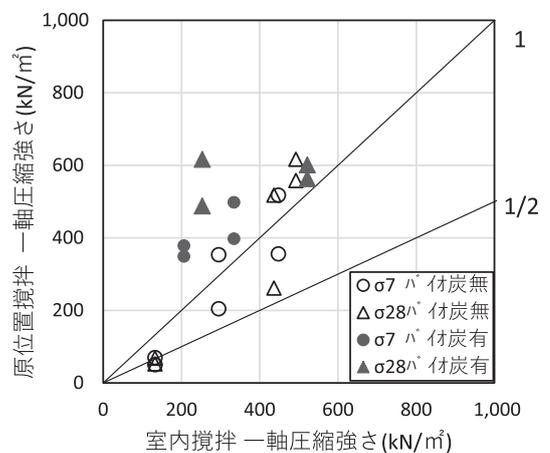


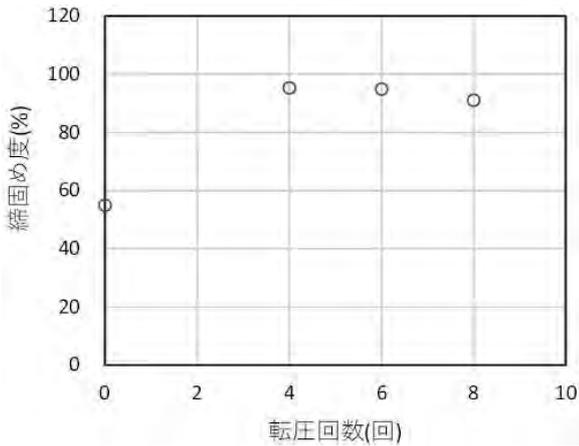
図-6 室内攪拌と原位置攪拌の一軸圧縮強さの関係

(4) 盛土材としての使用の可否～現場試験より

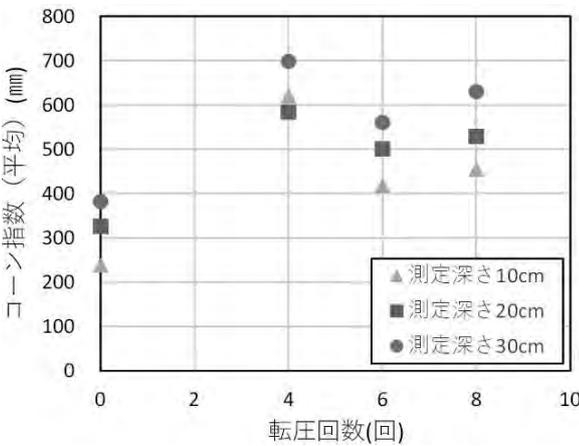
図-7 に転圧回数と締固め度の関係を, 図-8 に転圧回数とコーン指数の関係を示す。締固め度は 4 回転圧において最大となり, 締固め後のコーン指数は各転圧回数とも第三種建設発生土相当の 400 kN/m² 以上であった。これらの結果から, 今回の現場試験では 6 回以上の転圧は過転圧の傾向にあり, 転圧回数 4 回で盛土材料としての使用が可能であると考えられる。

5. おわりに

室内試験により, 粘性土に熔融スラグを混合することで, 同一強度を得るために必要な固化材量を低減でき, CO₂ 排出量の削減に効果があることを確認した。また, 現場試験により, 粘性土と熔融スラグの体積比を 75 : 25 として固化材およびバイオ炭を散布し, スタビライザを用いて混合攪拌する工法について検証した。その結果, 熔融スラグおよびバイオ炭の敷均し工



図一七 転圧回数と締固め度の関係



図一八 転圧回数とカーボン指数の関係

程が増えること以外は、従来の表層混合方式による品質や施工方法と比べて特段変わりがないことが実証された。

一方、カーボンニュートラルとするためにはバイオ

炭の混合が必要であるが、バイオ炭を混合することで一軸圧縮強さが低下するケースもあり、バイオ炭が強度に及ぼす影響について今後検討する余地がある。

今後、本工法を実施工に適用することで、カーボンニュートラル社会の実現に貢献できれば幸いである。

JCM A

《参考文献》

- 1) 溝渕麻子他, 混和材を高含有したコンクリートのCO₂削減効果, コンクリート工学年次論文集, vol.36, No.1, p.119, 2014.
- 2) 農林水産省・環境政策室, バイオ炭の農地施用を対象とした方法論について, J-クレジット制度におけるバイオ炭の農地施用にかかる方法論に関する説明資料, pp.13~14, 令和2年11月9日
- 3) 助土木研究センター, 陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル 改訂版, p.38, 平成16年3月

[筆者紹介]



西田 茉佑子 (にしだ まゆこ)
清水建設株式会社
土木総本部 土木技術本部 基盤技術部
基礎グループ



長澤 正明 (ながさわ まさあき)
清水建設株式会社
土木総本部 土木技術本部 基盤技術部
基礎グループ
グループ長



衣川 剛央 (きぬがわ よしてる)
株式会社東洋スタヂオ
執行役員 統括所長

土質定数推定システム「サウンディング AI」

秋本 哲平・熊谷 隆宏

地盤調査として一般的に実施されるボーリングを伴う調査方法は、コストや時間がかかるため、ボーリングを伴わないサウンディング調査で代用されることがある。サウンディング調査では、経験から求められた推定式を用いて土質定数を推定するが、入力パラメータの微調整や適切な推定式の選定など、手間や時間がかかり、実施する技術者の主観が入りやすいといった課題がある。このような課題を解決するために、AIを用いた土質定数推定システムを開発した。本報では、推定手法の概要と適用結果例について報告する。

キーワード：基礎地盤，地盤調査，サウンディング，人工知能，ディープラーニング

1. はじめに

我が国の構造物基礎の設計では、強度に関する基本的な情報としてN値を使用することが多いため、地盤調査では一般的に標準貫入試験が実施される。また、土質特性や土質定数の詳細を把握するために、現地で採取した試料を用いて土質試験が行われる。しかしながら、これらの地盤調査は、コストや時間がかかるため、スウェーデン式サウンディングやコーン貫入試験等のボーリングを伴わないサウンディング調査で代用されることがある。

サウンディング調査は、地盤特性を連続的かつ経済的に把握できるといった利点があるものの、土質定数を直接取得することができないため、調査で取得できる貫入抵抗値や間隙水圧等から土質定数を算定する必要がある。この算定では、経験によって導き出された推定式を用いることが提案されている¹⁾ものの、土質定数の推定精度を向上させるためには、入力パラメータの微調整や適切な推定式の選定が必要になるため、実施する技術者の主観が入りやすいといった課題がある。

こうした課題を解決するために開発したのが「サウンディング AI」である。本技術は、過去の調査で蓄積したサウンディングデータと土質定数の相関を教師データとして機械学習を行い、迅速かつ高精度に土質定数を推定するAIモデルを構築している。AIを用いることで、大量のデータ分析や処理が可能となるため、従来の推定式で用いているデータよりも多種類の

データを容易に扱うことができる。また、地盤調査の実施者は、機械学習によって構築されたAIモデルに計測データを入力するだけとなるため、技術者の主観に依存しない地盤物性値を取得することが可能である。本報では、土質定数推定手法の概要と本技術を適用した際の推定精度について報告する。

2. 推定手法

(1) 実施手順

本手法の実施手順を図-1に示す。これまでに蓄積した多数の既往工事のサウンディングデータを用いて機械学習を行い、土質定数を推定するAIモデルを構築する。その後、調査対象個所のサウンディングを実施し、計測されたデータをAIモデルに入力することで、土質定数を得ることができる。調査対象個所のサウンディングを行う前にAIモデルを構築しておく

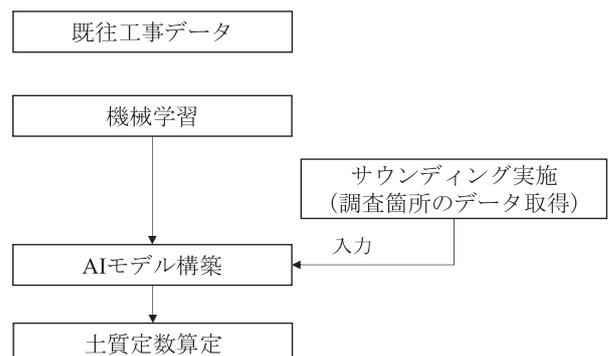


図-1 実施手順

ことで、短時間で土質定数を取得することが可能となる。

本手法で対象としているサウンディングは、施工時の削孔作業と同時に計測できるロータリー式サウンディング (RST) と電気式コーン貫入試験 (CPT) の2種類である。また、推定する土質定数は、地盤の強度情報として必要である N 値と土質分類の指標となる細粒分含有率 F_c である。

(2) 機械学習モデル

機械学習の手法は、決定木法的一种であるランダムフォレスト法、サポートベクターマシンおよびディープニューラルネットワーク (DNN) の3種類の手法を比較し、最も推定精度が高かった DNN を採用している²⁾。図-2に DNN の概念を示す。入力層と出力層の間に複数の中間層を有しており、高度な情報処理が可能となることから、精度の高い推定が期待できる。中間層のニューロン数や階層数、パラメータ最適化手法、活性化関数等のハイパーパラメータは、多数の組み合わせに対して推定誤差が最小となる最適な値を設定している。

ハイパーパラメータの検証は、4分割交差検証を用いている。学習データをランダムに4分割し、1つのデータ群 (テストデータ) を検証用とし、残りの3つのデータ群 (学習用データ) で学習する手法である。この手法によって、学習していないデータで精度を検証することができるため、一定のデータに過度に適合した過学習現象を防止でき、最適なハイパーパラメータを選定することができる。

土質定数の推定精度の検証は、二乗平均平方根誤差 (RMSE) を用いている。二乗平均平方根誤差は、推定値と実測値の平均誤差を定量的に評価しているため、数値が小さいほど推定精度が高いことを示している。

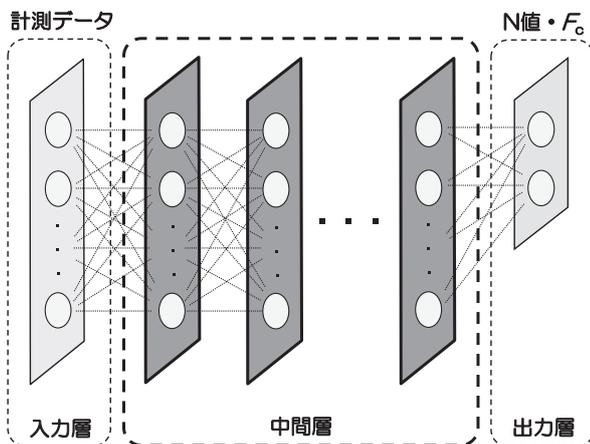


図-2 DNN の概念

3. ロータリー式サウンディングでの適用

(1) 使用データ

ロータリー式サウンディング (RST) は、薬液注入等の削孔作業を伴う工事において、削孔作業と同時にデータが取得できる調査方法であるため、事前調査にかかる時間やコストを大幅に削減することが可能である。RST の概要を図-3に示す。通常の削孔機械に変位量センサーや圧力センサーを取り付け、貫入時の圧力や送水圧を計測している。RST による計測データと対応する地盤調査結果を教師データとして AI モデルを構築している。

使用した教師データは、2011年~2017年の間に、東京国際空港で実施した5工区の地盤改良工事 (図-4) で取得したデータである。全20箇所のボーリング調査での標準貫入試験結果および採取試料での細粒分含有量試験結果と取得したデータを紐づけて教師データとしている。RST で取得できるデータは、送水圧 (WP)、回転トルク (FOT)、削孔速度 (SPD)、

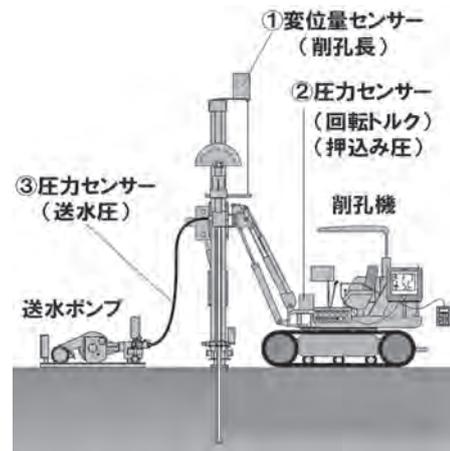


図-3 RST の概念

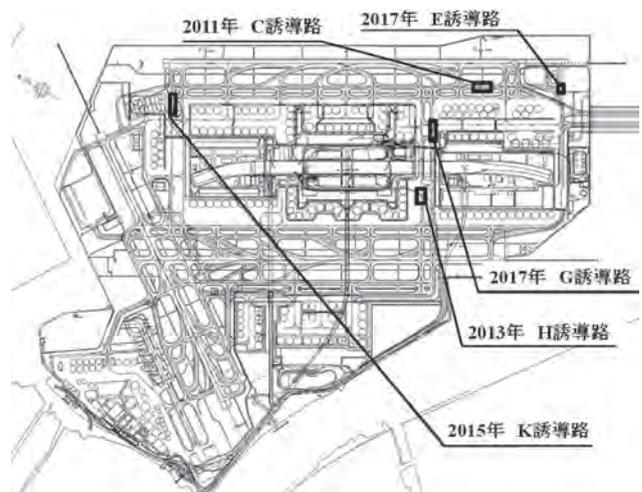
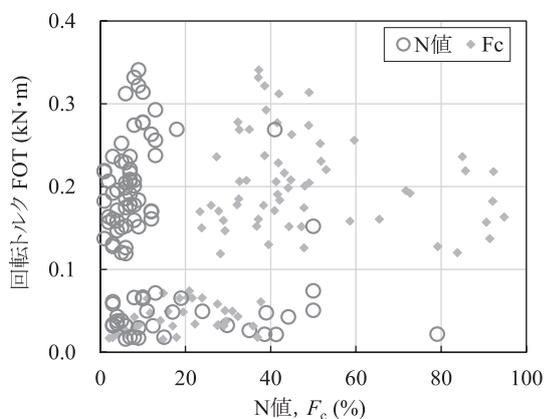


図-4 RST のデータ取得箇所

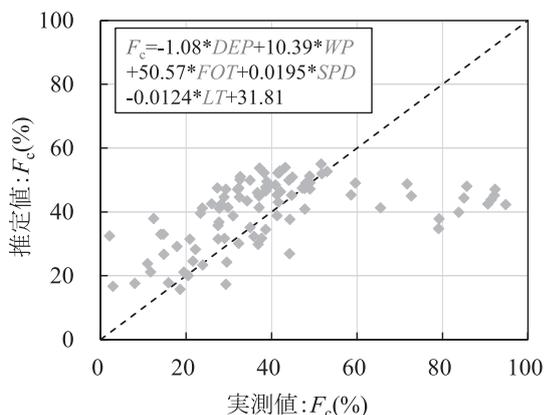
削孔荷重 (LT) の深度 5 mm ごとの連続データである。送水圧は、掘削クズ (スライム) を地上に排出するための水を送る圧力であり、透水性の低い粘性土の掘削時に大きくなる傾向にある。また削孔速度は、地盤が軟らかい粘性土で大きくなる傾向がある。一方、回転トルクは、削孔ロッドを回転させる力、削孔荷重は、押し込み圧力と時間を掛け合わせた値であり、砂質や礫質の硬い地盤で大きくなる傾向にある。取得したデータの例として、図一5に回転トルク FOT と N 値および F_c との関係を示す。N 値および F_c が大きくなるほど回転トルクが大きくなる傾向を示しているものの、回転トルクと N 値および F_c との相関は低くなっている。その他のデータも同様の傾向を示しており個々のデータのみでは土質定数の推定は困難である。

(2) 従来法での推定

従来法として重回帰分析を用いて土質定数の推定を行った。 F_c の推定値と実測値を比較した結果を図一6に示す。 $F_c = 50\%$ 程度までは概ね良好な傾向を示しているものの、50%以上においては、推定値が一定になっている。この傾向は個々のデータと同様であり、線形の重回帰分析では、推定精度が低いことがわかった。



図一5 回転トルクと土質定数の関係



図一6 重回帰分析による推定結果

したがって、非線形を考慮できる機械学習を用いて推定モデルを構築している。

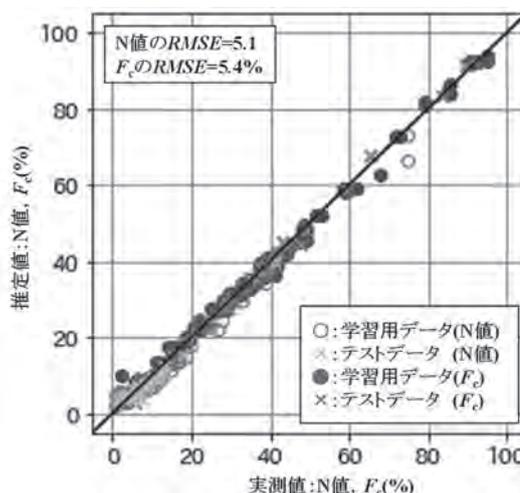
(3) 本手法の適用例

教師データは、RST で取得できるデータを説明変数 (入力値) とし、推定する土質定数を目的変数 (出力値) とするデータセットである。説明変数は、送水圧、回転トルク、削孔速度、削孔荷重の平均値に加え、分散も使用した (表一1)。分散を使用することで、取得データのバラツキの特徴を考慮できると考えられる。また、ボーリングと RST の実施箇所が離れていると、データの信頼度が低くなるため、ボーリングから平面距離で 7 m 以内のデータのみを使用した。教師データを 4 分割したうちの 3 つのデータ群である学習用データと 1 つのデータ群であるテストデータの推定結果と実測値との関係を図一7に示す。N 値の RMSE は 5.1, F_c の RMSE は 5.4% であり、どちらのデータも推定精度が高くなっている。また、テストデータの精度も高くなっていることから、学習用データの精度だけが上がる過学習になっていないことがわかる。

構築した AI モデルが高精度であることが確認できたため、実施工を想定して、教師データ取得地点とは

表一1 RST の説明変数

説明変数 (入力値)	深度 (DEP)	中央値
	送水圧 (WP)	平均値・分散
	回転トルク (FOT)	平均値・分散
	削孔速度 (SPD)	平均値・分散
	削孔荷重 (LT)	平均値・分散
目的変数 (出力値)	N 値 細粒分含有率: F_c	



図一7 本手法による推定結果 (RST)

全く異なる新規の場所での精度確認を行った。新規地点の土質は、N 値の最大が 22、 F_c の最大が 36% であり、東京国際空港のデータに比べて強度や土質の分布範囲が狭くなっており、緩く堆積した砂質土主体の地盤である。新規地点では、既存ボーリング箇所付近で 2 本の RST を実施した。

東京国際空港のデータで構築した AI モデルを用いて、新規地点の 2 本の RST データの推定を実施したところ、 F_c の RMSE は 9.8% であり、ある程度の精度が確保されたものの、N 値の RMSE は 50 以上となり、非常に精度が低いことがわかった。これは、場所によって説明変数と目的変数とを結びつける特徴が異なっているためと考えられる。そこで、新規地点で取得した 1 本のデータを加えた教師データを用いて推定モデルを構築し、残りの 1 本のデータで精度を検証した。図 8 に推定結果を示す。N 値の RMSE は 6.2、 F_c の RMSE は 7.2% となり、精度が改善されたことがわかる。実測値と推定値の深度分布を図 9 に示す。下端部の N 値の推定では誤差があるものの、概ね実測値に近い値となっており、 F_c の推定は深度ごとの傾向をよく捉えていることがわかる。新規地点のデータ

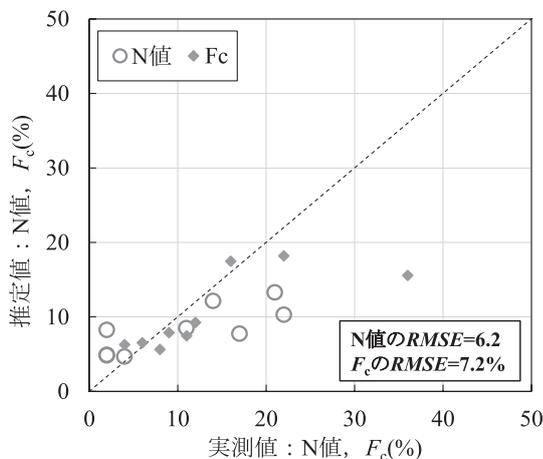


図 8 新規地点での推定結果 (RST)

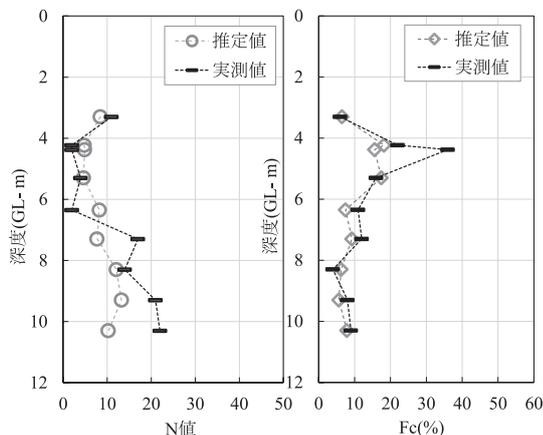


図 9 新規地点での推定深度分布 (RST)

を教師データに加えることで、地域特性を学ぶことができるため、精度が向上したものと考えられる。

新規地点での調査を実施する場合は、新規地点における初期データを学習データに加えることで、十分な精度を確保することが可能である。

4. 電気式コーン貫入試験での適用

(1) 使用データ

電気式コーン貫入試験 (CPT) は、ロッド先端のコーン貫入試験器を地盤内に押し込むことで、貫入抵抗、周面摩擦、間隙水圧の 3 成分が取得できるサウンディング調査である。図 10 にコーン貫入時に使用する貫入機の例を示す。幅 2.5 m、高さ 2 m、奥行き 1.4 m 程度の自走式の小型機械で実施できるため、狭小箇所でも簡易に実施することが可能である。また、一定の貫入速度 20 mm/s で貫入するため、短時間で地盤調査が可能である。

本検討に使用したデータは、3 地点で計測したデータである。ボーリング 12 本、CPT 28 本の結果であり、N 値は 648 データ、 F_c は 441 データである。地点 A は海外の港湾工事における事前調査のデータであり、地点 B と地点 C は本検討のために茨城県内で取得し

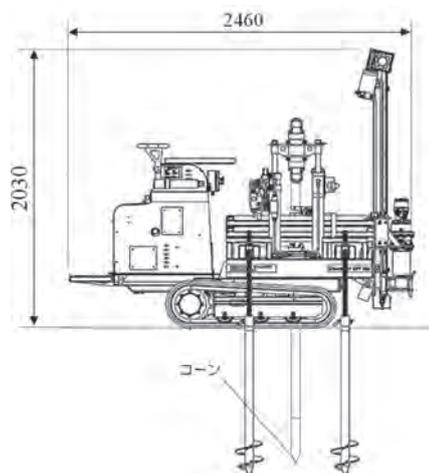


図 10 コーン貫入機の例

表 2 CPT の説明変数

説明変数 (入力値)	CPT データ	貫入抵抗
		周面摩擦
		間隙水圧
	制御データ	貫入速度
		貫入深度
		貫入角度
形状データ	コーン外径	
位置データ	平面距離	

た。AI 構築に使用した説明変数（入力データ）を表一 2 に示す。電気式コーンで取得できる 3 成分のデータ（CPT データ）に加え、CPT データに影響を及ぼしていると考えられる、貫入速度、貫入深度、貫入角度といった調査時に貫入機械を制御しているパラメータも使用した。また、国内外で大きさが異なるコーン外径とデータの精度に影響を及ぼすボーリングからの平面距離も説明変数としている。

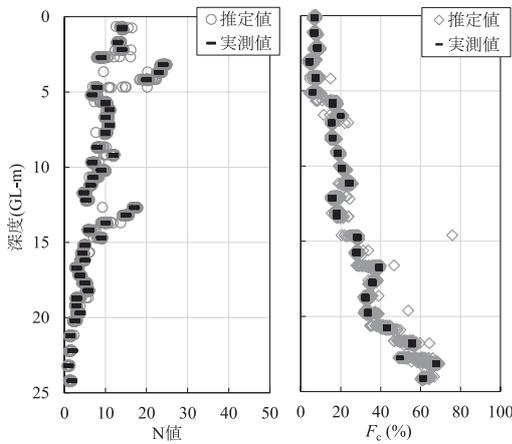
(2) 適用例

全データのうち、75%を学習用データとし、25%をテストデータとして、AI 推定モデルの推定精度を検証した。図一 11 に地点 B のテストデータで推定した深度分布を示す。地点 B は砂質土主体で、下部にシルト層が存在しているため、N 値が低く、 F_c が高くなっている。N 値や F_c の変化点において、一部で実測値と異なる点があるものの、かなり正確に推定できており、下部にいくほどシルトが多くなる傾向をよく示している。図一 12 に地点 B のテストデータで推定した結果と実測値の比較を示す。N 値、 F_c ともに RMSE

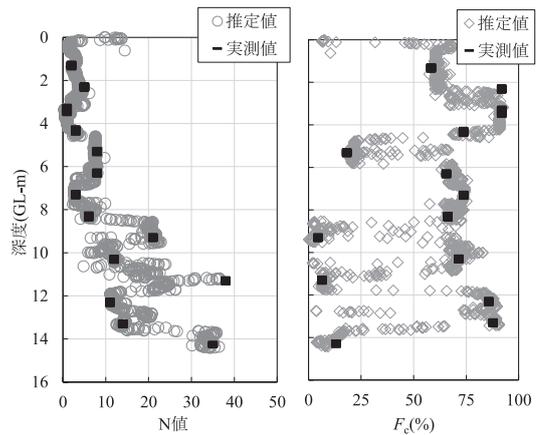
は非常に小さく、実測値と大きく異なる値が数点あるものの、推定精度が非常に高いモデルあることがわかる。

実施工を想定し、地点 A と地点 B のデータを学習用データとし、地点 C のデータをテストデータとして、推定精度を確認したが、RST と同様に、新規地点に対する推定精度は非常に低くなることが確認された。そこで、地点 C の 50%分のデータを学習データに加えて AI モデルを構築して、残りの 50%のデータをテストデータとして精度検証を行った。図一 13 に N 値と F_c の深度分布を示す。地点 C の上層地盤は、シルト主体の土質であり、N 値と F_c の変動が少ないものの、10 m 以深からの下層地盤は、シルト層と細砂層の互層となっているため、深度ごとの変動が大きく、推定が難しい地盤である。しかしながら、AI による推定値は、下層地盤の大きな変動傾向を正しく示している。

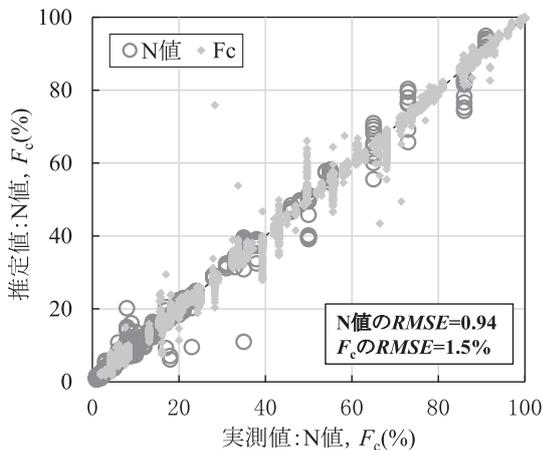
図一 14 に推定値と実測値の比較を示す。N 値の RMSE は 3.7 であり、非常に精度が高いことがわかる。



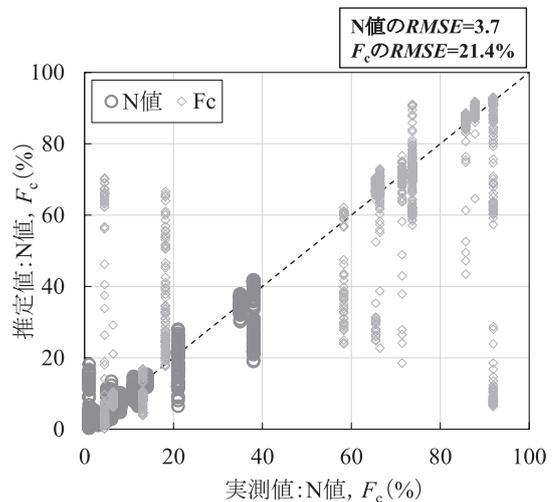
図一 11 地点 B での本手法の推定深度分布 (CPT)



図一 13 地点 C での本手法の推定深度分布 (CPT)



図一 12 地点 B での本手法の推定結果 (CPT)



図一 14 地点 C での本手法の推定結果 (CPT)

F_c の RMSE は 21.4% であり、多少精度が低くなっているが、深度分布で示されている通り、下部地盤の変動が大きい箇所では実測値と大きく異なる推定値となっているためと考えられる。本手法と比較するため、従来から用いられている提案式¹⁾を用いて推定すると、 N 値の RMSE は 5.8、 F_c の RMSE は 16.2% であり³⁾、本手法は、従来法と概ね同様の精度であることがわかった。

CPT においても、RST と同様に、新規地点での推定が困難な場合は、新規地点における初期の計測データを学習データに加えて AI モデルを構築することで、十分な精度で推定することが可能である。

5. おわりに

簡便で高精度かつ技術者の主観に依存しない土質定数の推定手法として、サウンディング結果から AI を用いて N 値と F_c を推定する手法を開発した。AI を活用することにより、従来から使われているサウンディングデータ以外の様々なデータを用いることができるため、推定精度の向上を見込めることが示唆された。一方で、新規地点においては、その地点で初期に計測したデータを学習データに加えることにより、一定の推定精度を確保する必要がある。

今後、広範囲における多数の教師データを蓄積することで、推定精度の向上が見込めるとともに、新規地点の初期データでの学習を削減できるものと考えられる。

J C M A

《参考文献》

- 1) 鈴木康嗣, 時松孝次, 實松俊明: コーン貫入試験結果と標準貫入試験から得られた地盤特性との関係, 日本建築学会構造系論文集, 第 566 号, pp.73-80, 2003.
- 2) 熊谷隆宏, 秋本哲平: 人工知能技術とボーリング削孔時の計測データを活用した土質および強度推定手法に関する研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.75, No.2, pp. I_163- I_168, 2019.
- 3) 秋本哲平, 江守辰哉, 片山遥平, 上野一彦, 熊谷隆宏: コーン貫入試験と人工知能技術を活用した土質定数推定手法に関する研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.77, No.2, pp. I_721- I_726, 2021.

【筆者紹介】

秋本 哲平 (あきもと てっぺい)

五洋建設株式会社

技術研究所 土木技術開発部 地盤・耐震構造グループ
担当部長



熊谷 隆宏 (くまがい たかひろ)

五洋建設株式会社

技術研究所 土木技術開発部
土木技術開発部長



薬液注入工法の改良効果評価手法「ジオレジスタ法」 小型動的コーン貫入試験と電気検層法を用いた改良効果確認

下坂 賢二・村田 芳信・大野 康年

薬液注入後の地盤の改良効果確認は、従来、一軸圧縮試験による強度確認が用いられているが、改良土が低強度のため、試料採取時や供試体作成時において強度低下に繋がる乱れが生じやすく適正に評価されない課題がある。著者らは、改良前後における地盤の電気比抵抗変化に着目し、地盤性状のばらつきの影響が少なく原位置での地盤の強度評価が可能となる小型動的コーン貫入試験と電気検層法を組み合わせた新たな改良効果評価手法を開発した。本報では、評価手法の概要と同手法を用いた液状化対策工事の適用事例について報告する。

キーワード：地盤改良、薬液注入工法、電気検層法、小型動的コーン貫入試験、液状化、原位置試験

1. はじめに

近年、狭隘な箇所や既設構造物直下の有効な液状化対策として、斜め、曲がり削孔を併用した溶液型の薬液注入工法が活用されている(図-1)。この工法は、飽和した砂地盤中に水ガラス系の恒久薬液を浸透注入し、間隙水をゲル化した薬液で置換することにより、地盤に繰返しせん断力に対する粘り強さを付加し、地震時に発生する過剰間隙水圧の発生を抑える工法である。薬液を土粒子間に浸透、固化させることを基本原理としているため、地盤の粒度状態の違いや不均一性により薬液の浸透性にばらつきが生じることが少ない。薬液による良好な改良効果とは、止水性の向上、強度の増加が十分満足されることである。実際の工事では、改良地盤の出来形を直接確認できないため、注入量と代表地点のボーリング試料採取による事後調査を出来形評価に代えるのが一般的である。事後調査は、所定の養生期間の後、改良地盤から乱さない試料を採取し、改良効果を一軸圧縮強さによって評価する

場合が多い。しかしながら、薬液注入地盤の改良土は、一軸圧縮強さ $q_u = 50 \sim 100$ kPa 程度と低強度のため、対象地盤によっては事後調査における試料採取時、供試体作成時において、強度低下の原因となる乱れが生じやすく、適正に評価されない課題がある。

そこで著者らは、地盤改良前後における地盤の電気比抵抗変化に着目し、改良地盤の強度と併せて電気比抵抗変化を判断指標にすることで、より正確な改良範囲の特定が可能になると考え、小型動的コーン貫入試験¹⁾と電気検層法による改良効果評価手法(ジオレジスタ法)を開発した。従来行っていた試料採取による一軸圧縮試験と比べて、地盤条件による影響が少なく、試料採取を伴わず原位置での地盤の強度評価が可能となる。本報では、新たな評価手法の概要と、同手法を用いた液状化対策工事での適用事例について報告する。

2. 改良効果評価手法の概要

本手法は、小型動的コーン貫入試験から得られる N_d 値より一次効果確認を行い、改良前と比較し改良後の N_d 値の増分が明確でない場合は、同孔を用いた電気検層法から得られる電気比抵抗 $R(\Omega \cdot m)$ より二次的改良効果確認を行う。本手法による改良効果確認フローを図-2に示す。

(1) 改良効果確認方法

小型動的コーン貫入試験は、質量 300 N のハンマー

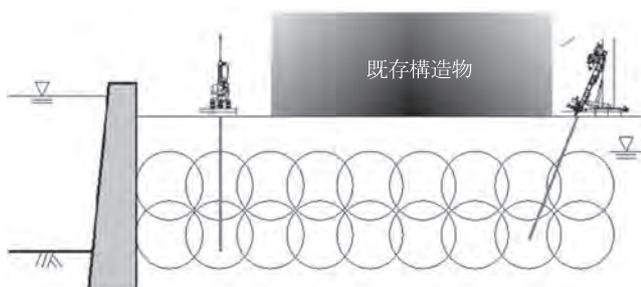


図-1 液状化対策工事(薬液注入工法)

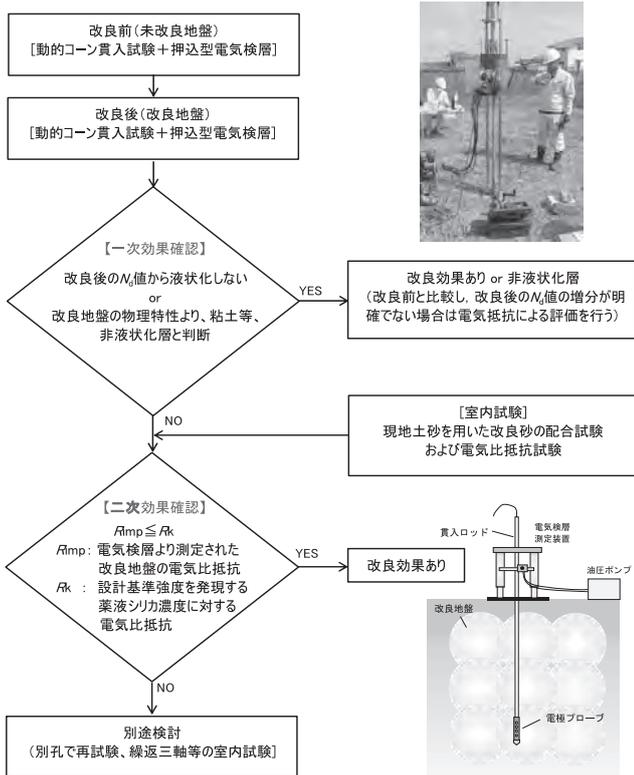


図-2 本手法による改良効果確認フロー

を高さ 20 cm から自由落下させて、先端コーン（断面積 10 cm^2 ，先端角 90° ）を 10 cm 貫入するのに要する打撃回数 N_d' を測定するもので、標準貫入試験の N 値と等価な N_d 値に換算することができる。一軸圧縮強さと N_d 値の増分には相関関係があることから¹⁾，従来行っていた一軸圧縮試験に比べて試料採取による乱れの影響が少なく，原位置での地盤の強度評価が可能となり，地盤の改良効果を評価する上で適している。ただし，前述したように液状化対策としての改良地盤の設計基準強度 $q_u = 50 \sim 100 \text{ kPa}$ に対して， N_d 値増分は $\Delta N_d = 1 \sim 4$ と僅かであり，改良前の地盤の N_d 値が大きい場合や，土質性状のばらつきが大きい埋立地では， ΔN_d から q_u を推定することが困難となる場合もある。その場合は電気検層から得られる電気比抵抗を用いて，改良砂の一軸圧縮強さと薬液シリカ濃度関係および電気比抵抗と薬液シリカ濃度関係から改良効果の定量的評価を行う。具体的には，図-3 に示すように，改良体の一軸圧縮強さ～薬液シリカ濃度の関係から設計基準強度 q_{uck} に相当する薬液シリカ濃度を求めた後，電気比抵抗～薬液シリカ濃度の関係より SiO_{2k} に相当する電気比抵抗値 R_k を求める。 R_k は，設計基準強度 q_{uck} を満足する電気比抵抗値に相当する。したがって，改良体の電気比抵抗 R_{imp} が R_k 以下である場合，設計基準強度 q_{uck} を満足すると評価できる。

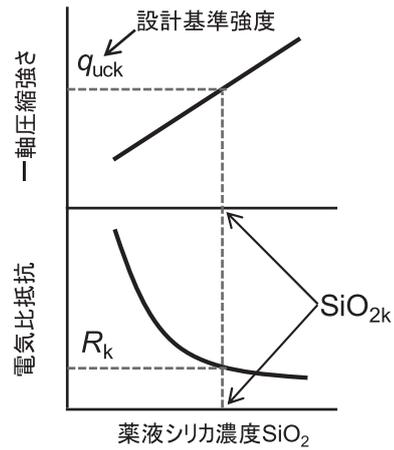


図-3 電気比抵抗を用いた改良効果の定量的評価

(2) 測定方法

本手法は，小型動的コーン貫入試験と電気検層法を併用した原位置試験であり，両測定を可能とする測定装置を開発した。測定装置は，小型動的コーン貫入試験の先端コーン上部に電極を配置し，同周方向位置と反対側の周方向位置に鉤付きの偏心スパーを設け，先端コーンは引抜き時に電極プローブから抜ける構造としている。また電気検層測定には，従来の円周状電極の課題であった電極径と測定孔径の比の影響の無い点電極を採用し，同電極を異なる間隔で配置することで，孔壁周辺の乱れの有無を確認できるようにした。本手法で使用する測定装置を図-4 に示す。

測定方法は，この測定装置を用いて小型動的コーン貫入試験を所定深度まで実施し，次に貫入ロッド引抜き時に電極プローブを孔壁に接触させ，電気比抵抗を連続的に測定（電気検層）する。偏心スパーは，先端コーンが電極プローブから抜けた後の電極プローブ引抜き時に，鉤部が孔壁に接触し，孔壁の地山を削り取って鉤部上部に土砂が堆積することにより，電極プローブを電極側に押し寄せるよう作用し，電極を孔壁へ確実に密着させることができる。本測定方法による

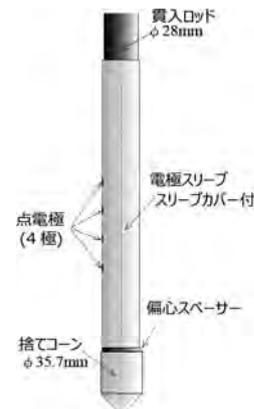
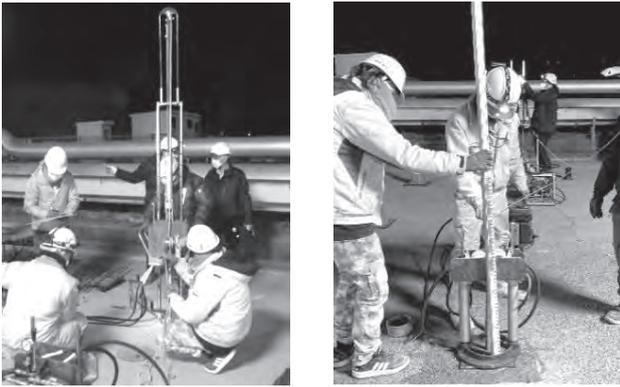


図-4 測定装置



貫入時：小型動的コーン貫入試験 引抜き時：電気検層
写真—1 本手法による測定状況

り、電極プローブの1回の貫入によって、貫入時に動的コーン貫入試験を行い、引抜き時に電気検層を行うことができ、測定効率が大幅に改善する。測定状況を写真—1に示す。

(3) 適用範囲

本手法は、液状化対策を目的とした薬液注入工法の中から、周辺地盤への影響が少なく、既存施設、狭隘地での適用が可能な「特殊シリカ液を使用する薬液注入工法²⁾」を適用対象とする。特殊シリカ液は、水ガラスを原料とした薬液で、薬液シリカ濃度が高いほど土粒子間に付着した固化体の結合力が高くなり一軸圧縮強さが大きくなることが知られており、地盤や地下水と比べ、注入後の固化過程で薬液ホモゲルの組織が密になっていき電気を通しやすい性質を有している。電気検層を用いた薬液注入工法の改良効果確認については、比抵抗トモグラフィ、比抵抗コーン貫入試験、ボーリング孔内電気検層等を用いた事例がある。既往の研究³⁾では、薬液（特殊シリカ液）の電気比抵抗値は $1\Omega \cdot m$ 以下と小さく、間隙水の電気比抵抗値が $10\Omega \cdot m$ 以下（間隙水の塩分濃度で600ppm程度以上）の場合は、電気比抵抗値のバラツキが大きく、良好な精度を有した評価が困難であることから、地下水に塩

分を含む沿岸部の埋立地盤では、地下水の電気比抵抗値が小さく電気検層による判別は不向きとされていた。

そのため、本手法の電気検層を用いた評価手法の適用範囲を明らかにするため、本手法の電極プローブを用いて間隙水の塩分濃度（電気比抵抗）が地盤の比抵抗に及ぼす影響を確認し、改良前後の比抵抗変化から改良域の判別が可能であるか実験検証した。実験結果を図—5に示す。

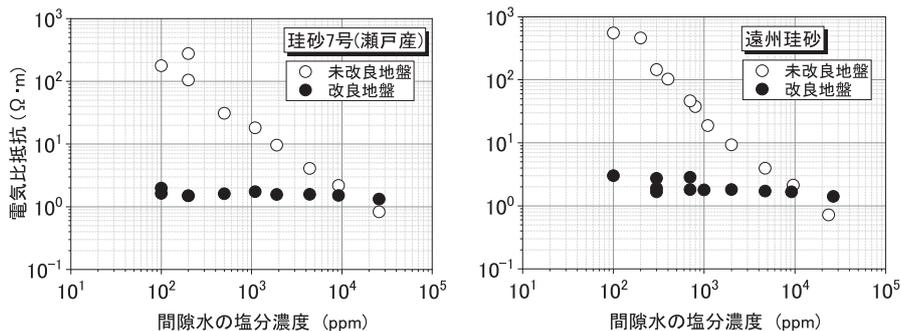
同図より、未改良地盤では、間隙水の塩分濃度が高くなるにつれて比抵抗が小さくなる一方、改良地盤では、間隙水の塩分濃度に関わらずほぼ一定となる。未改良地盤と改良地盤の電気比抵抗は、間隙水の塩分濃度が10,000ppm程度で同程度となり、同濃度を超えると間隙水の電気比抵抗は薬液の比抵抗より小さくなる。以上より、未改良・改良の電気比抵抗の差異は、地盤種別によるが、地下水に塩分を含む沿岸部の埋立地盤においても間隙水の塩分濃度が5,000～10,000ppm程度までは、判別することが可能である。

3. 液状化対策工事への適用事例

(1) 工事概要

本工事は、臨海地区プラント施設の液状化対策工事である。対象地盤はばらつきの大きい埋立地盤で、地表面より細砂～粗砂を主体とした盛土、細砂、粘土質砂が堆積し、盛土、細砂層には貝殻片が多く、シルト、粘土を層状に含んでいた。地下水位は概ねGL-2mで、同ボーリング孔内で測定した地下水の電気伝導率は、 $800\sim 1,200\mu S/cm$ （塩分濃度：400～600ppm）の範囲にあり海水の影響は小さい。

薬液注入工法の改良深度は、GL-2m～GL-11mの範囲にあり、供用中のプラント施設周辺および既設構造物直下の地盤改良となるため、本工事には恒久型薬液（特殊シリカ液）を用いた低圧浸透注入による薬液注入工法（ハイグリップグラウト工法（NETIS：



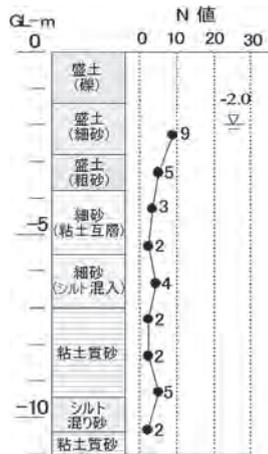
図—5 電気比抵抗～間隙水の塩分濃度関係（未改良・改良地盤）

CB-180028-A)) が採用された。また、改良地盤の設計基準強度 $q_{uck} = 100 \text{ kPa}$ 、現地土砂を用いた配合試験および現地試験注入等により、シリカ濃度 9 wt% および注入率 $\lambda = 36\%$ で施工した。土質柱状図を図—6 に示す。

(2) 本手法による事後調査

本手法は、従来の改良体をサンプリングして室内試験（一軸圧縮強度試験等）を実施する一般的な事後調査と比較して、調査時間が短く安価であることから、従来の事後調査 6 箇所に加えて、施工中の効果確認として 4 箇所の調査を実施した。

調査の平面位置は、従来の事後調査と同様に改良体半径の 1/2 位置で、改良体の材齢は 14 日とした。改良効果確認は、小型動的コーン貫入試験から得られる N_d 値より一次効果確認を行い、改良前と比較し改良後の N_d 値の増分が明確でない場合は、電気検層から得られる電気比抵抗 R より二次効果確認を行う。



図—6 土質柱状図

電気比抵抗を用いた効果確認は、前記の図—3 に示す一軸圧縮強さ、電気比抵抗と薬液シリカ濃度の関係を室内試験（配合試験、電気比抵抗試験）より求め、同図より得られる設計基準強度 $q_{uck} (= 100 \text{ kPa})$ に相当する薬液シリカ濃度 SiO_{2k} 、電気比抵抗値 R_k を求め、 R_k を閾値として効果判定する。本工事では、3 深度より採取した砂試料を用いて同試験を実施した。試験結果を図—7 に示す。同図より、電気比抵抗の閾値 R_k は、 $1.7 \sim 3.0 \Omega \cdot \text{m}$ となる。

(3) 本手法による改良効果確認

図—8 に調査結果の一例を示す。改良前後の N_d 値を比較すると、改良後の N_d 値はばらつきが大きい。有効改良範囲 GL-2.0 m ~ -8.0 m における改良による N_d 値増分 ΔN_d は、2 ~ 19 の範囲にあり、改良により N_d 値の増加が確認できるが、GL-4.5 ~ -5.5 m および GL-7 m ~ -8 m では、層状に堆積した粘土層および細粒分含有率 F_c が 40% 以上の粘土質砂の影響により、 N_d 値増分 ΔN_d は、2 ~ 3 と小さい。一方、改良後の電気比抵抗 R は、改良後の N_d 値と比較してばらつきは小さい結果であった。

(a) 一次効果確認

一次効果確認として本調査より得られた ΔN_d 値から、(一財) 沿岸技術研究センターから提案されている q_u の推定式⁴⁾ を用いて、推定 q_u を算定した。

$$q_u = f(F_c) \times \Delta N_d$$

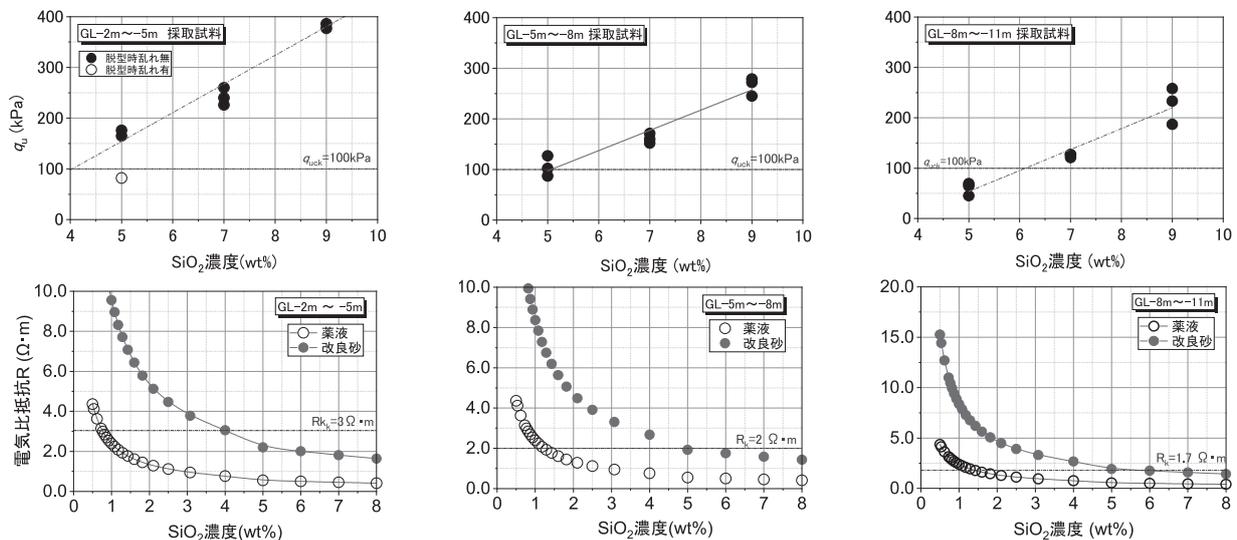
ここに、 F_c : 細粒分含有率

$f(F_c)$: 細粒分含有率に応じた係数

$$F_c < 25\% \text{ の時, } f(F_c) = 20 + F_c \times 1.2,$$

$$F_c \geq 25\% \text{ の時, } f(F_c) = 50$$

ΔN_d : N_d 値の増加分



図—7 現地土を用いた室内試験結果

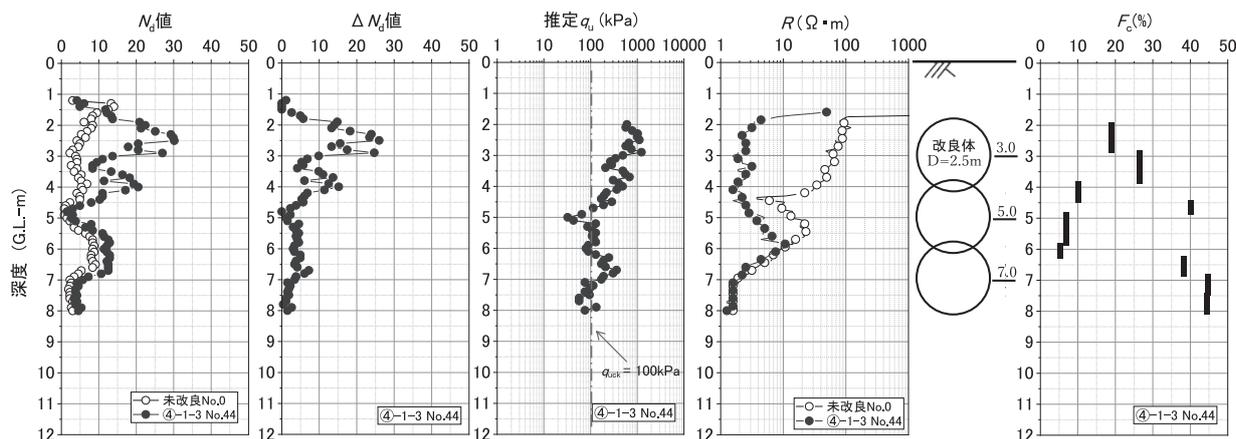


図-8 調査結果の一例

算定の結果、改良範囲の推定 q_u は、上層 GL-2 m ~ -5 m の平均値：推定 $q_u = 480$ kPa、中層 GL-5 m ~ -8 m の平均値：推定 $q_u = 130$ kPa となり、目標改良強度 $q_{uck} = 100$ kPa を概ね満足すると評価できる。

(b) 二次効果確認

二次効果確認として改良前後の電気比抵抗 R を比較すると、GL-2.0 m ~ -5.0 m では、2 ~ 4 $\Omega \cdot m$ (平均：3 $\Omega \cdot m$) の範囲にあり、改良前と比較して大きく低下していることから、地盤に薬液が浸透されていることが確認できる。また、同深度の電気比抵抗 (平均値) は、前述した設計基準強度 q_{uck} を満足する電気比抵抗値 R_k より小さい値を示しており、目標改良強度を満足していると評価できる。

一方、GL-5.0 m ~ GL-6.0 m では、4 ~ 11 $\Omega \cdot m$ (平均：6 $\Omega \cdot m$) の範囲にあり、改良前と比較して電気比抵抗は低下しているものの、GL-2.0 m ~ -5.0 m の改良後の電気比抵抗と比較して約 2 倍の値を示す。これは、同深度に互層に堆積する粘土、シルト層の影響と考えられる。また、GL-6.0 m ~ GL-8.0 m では、改良前後の電気比抵抗の変化は見られない。これは、GL-6.0 m ~ -7.0 m に互層に堆積するシルト層、GL-7.0 m ~ -8.0 m に堆積する粘土質砂の影響と考えられ、薬液が浸透せず、割裂する粘土分の多い地層であったと推定される。なお、これらの地層は浸透注入の適用範囲外であり液状化判定の非対象層でもある。

4. おわりに

本研究では、従来の改良体のサンプリングによる一軸圧縮強度試験等の事後調査の課題に対し、小型動的コーン貫入試験と電気検層法による改良効果評価手法 (ジオレジスタ法) を開発し、同手法を用いて液状化対策工事の調査を実施し適用性確認を行った。その結

果、本手法は地盤性状のばらつきの大きい埋立地盤においても、改良前後の地盤特性の変化を明確に捉えることが可能であり、 N_d 値の増加分と電気比抵抗 R を評価することで改良効果を定量的に推定、評価できる原位置試験として有効であることが実証された。現在、本手法の実用化に向けて、調査機による測定作業の自動化に取り組んでおり、適用範囲の拡大と更なる調査作業の省力・効率化を図る。

JCMA

《参考文献》

- 1) 村田芳信他 (2008)：小型動的貫入試験を用いた既設宅地の耐震調査例，土木学会第 63 回年次学術講演会，III-280，pp.559-560.
- 2) 大野康年：特殊シリカ液を用いた浸透注入改良砂の力学特性と地盤改良技術に関する研究，京都大学博士論文，2006.
- 3) 小峯秀雄：電気比抵抗による薬液注入改良効果の定量的評価法 (その 3) - 比抵抗トモグラフィを利用した改良範囲評価法の適用性 -，電力中央研究所報告，pp.42-44，1996.
- 4) (一財) 沿岸技術研究センター：浸透固化処理工法技術マニュアル (改訂版)，pp.107-109，2020.7.

【筆者紹介】



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



村田 芳信 (むらた よしのぶ)
(大) 東海国立大学機構 岐阜大学
工学部附属インフラマネジメント技術研究センター
客員教授



大野 康年 (おの の やすとし)
太洋基礎工業(株)
施工本部
技術部長

スタビライザの ICT 化「浅層改良管理システム」による位置精度および生産性向上の検証

橋本 明 広・衣川 剛 央

令和1年度から ICT 地盤改良工（浅層・中層混合処理）が追加され、ICT 化が進められている。スタビライザによる浅層改良においては、施工位置と施工深度が数値化できていないために、施工には熟練の技術が必要である。また、出来形確認や深度の確認は規定箇所を掘り起こしての確認作業が必要になり、その結果を待ってから施工の手戻り作業が発生する場合もある。この様な課題に着目し、スタビライザの ICT 化として GNSS の位置情報を用いガイダンスと深度管理・施工進捗管理を行う「浅層改良管理システム」を開発した。

本論文では、浅層改良管理システムの位置精度および生産性向上の検証結果を報告する。

キーワード：浅層改良，地盤改良，ICT 地盤改良工，見える化，生産性向上

1. はじめに

令和1年度から ICT 地盤改良工（浅層・中層混合処理）が施工履歴データを用いた出来形管理要領（案）に追加され、ICT 化が進められている。

スタビライザによる浅層改良は、施工中の深度が数値化できないために、深度管理を行いながら施工するには熟練の技術が必要である。また、施工厚さの出来形管理は、規定箇所を掘り起こして確認作業を行い、その結果を待ってから施工の手戻り作業が発生する場合もある。施工範囲については、地面に直接区割り作業と施工箇所の継ぎ目となる走行レーンを示す為を目印になるポールの設置作業を行っており、生産性の向上が望まれる。

この様な課題に着目し、今般弊社は(株)東洋スタビと共同でスタビライザの ICT 化として「浅層改良管理システム (NETIS/KT-210047-A)」(以下、本システム)を開発した。

本システムは、GNSS の位置情報を用いてスタビライザの位置と姿勢を計測し、施工位置のガイダンスと深度管理・施工進捗管理を行うシステムであり、深度の数値化により施工の「見える化」や生産性の向上に大きく貢献できるものである。本稿では、本システムの位置精度および品質確保・生産性向上の検証結果を報告する。

2. システムの概要

(1) システムの構成

本システムの構成は、「GNSS システム BOX」「制御アプリ (タブレット PC)」「GNSS アンテナ」「アンテナブラケット」「傾斜計」の五つで構成されている(図-1)。

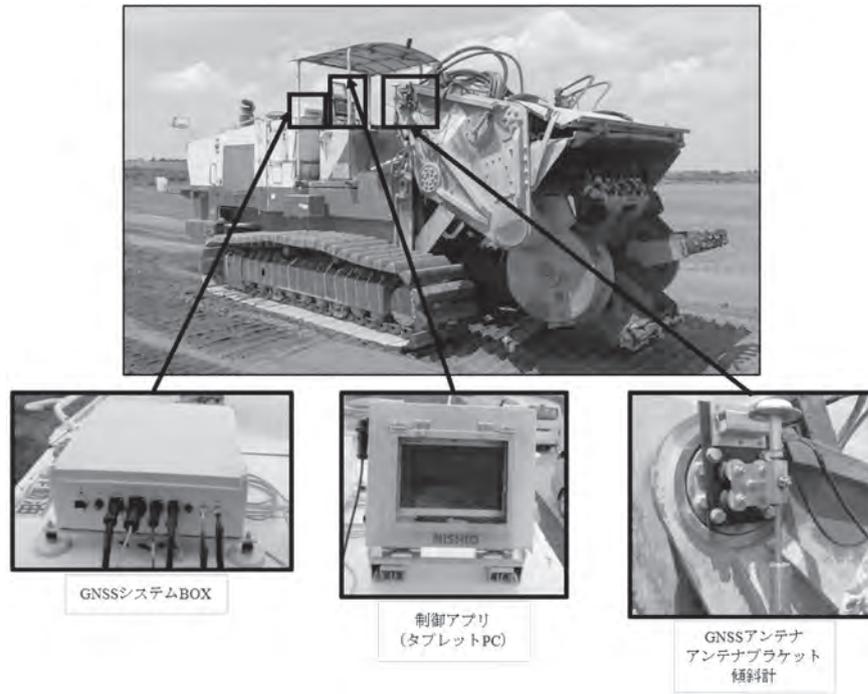
GNSS と傾斜計の値と各種寸法値から改良装置の刃先座標と車両の進行方位を算出する(図-2, 3)。

(2) システムに要求される仕様

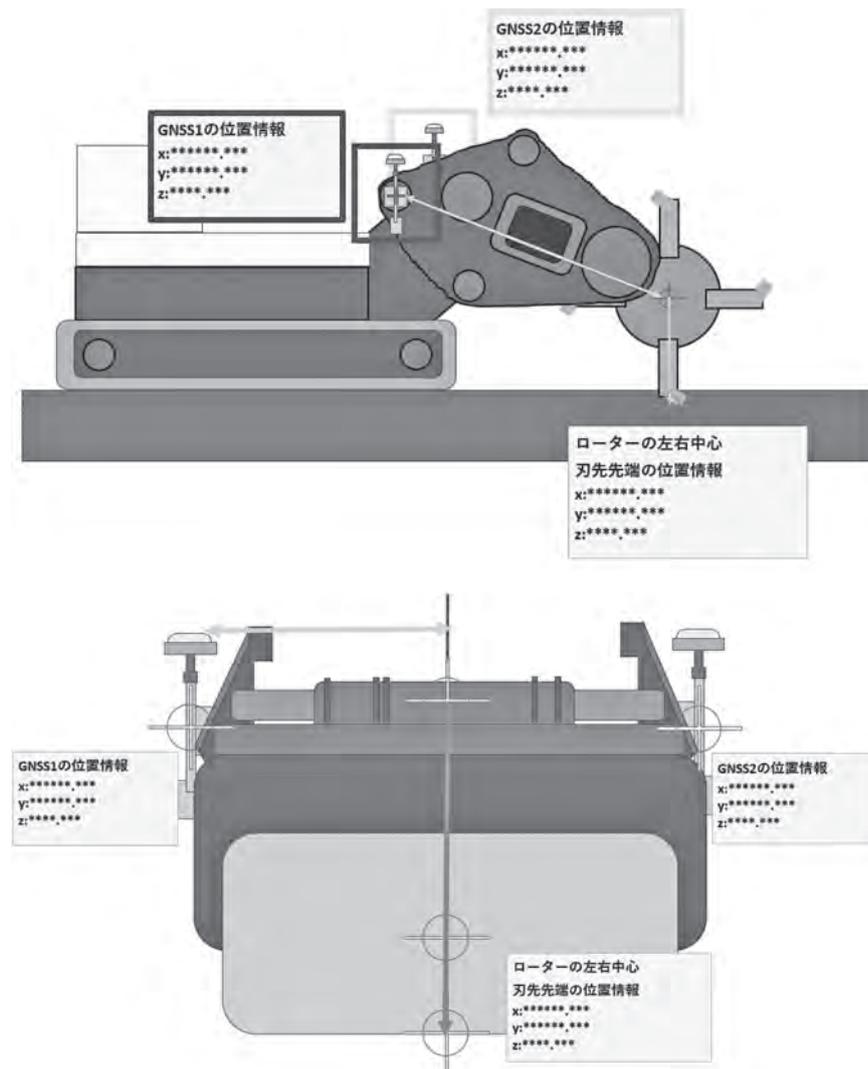
本システムは GNSS によって取得した攪拌装置の位置 (座標) 情報を、施工軌跡データとして履歴を残すことで、地盤改良が完了したことを表現できる機能を主な仕様とし、3次元計測技術を用いた出来形管理要領 (案)「表層安定処理等・固結工 (中層混合処理) 編」に要求される仕様を、スタビライザによる浅層改良においても ICT 活用の管理要領が満足できるように開発した。

必要な機能

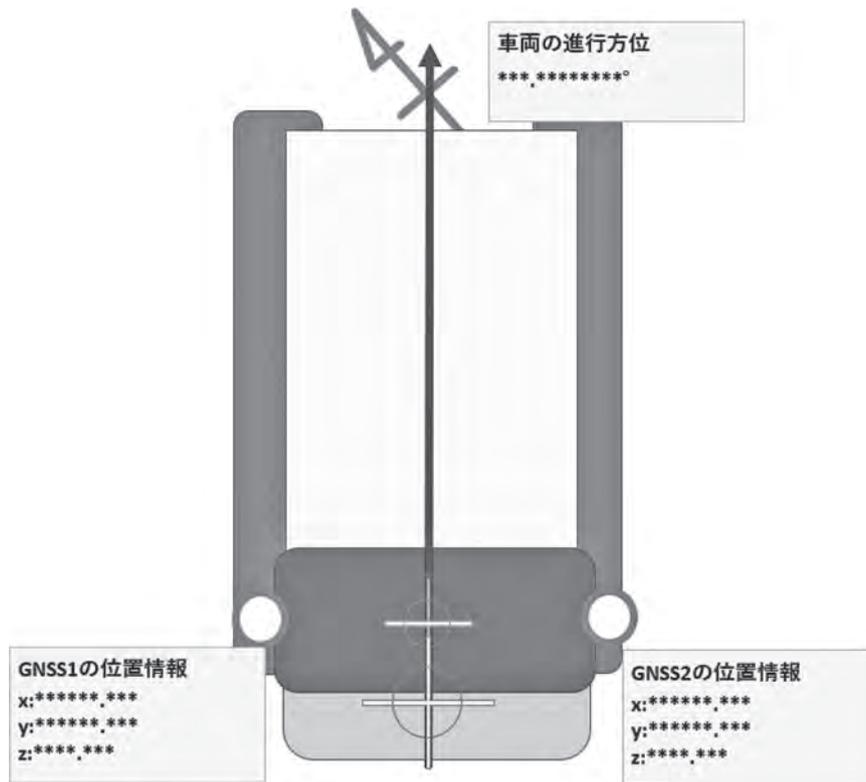
- ① 攪拌判定表示機能
- ② 施工範囲の分割機能
- ③ 攪拌装置サイズ設定機能
- ④ システムの起動とデータ取得切替機能
- ⑤ 施工完了範囲の判定・表示機能
- ⑥ 出来形管理資料作成機能



図一 システム構成



図二 改良装置位置算出方法概略



図一3 車両進行方位算出方法概略

「測定精度」

静止状態での作業装置位置の測定精度

水平 (X, Y) : 各 ± 100 mm 以内

標高 (Z) : ± 100 mm 以内

(3) 運用手順

本システムは、以下の手順で運用する。

- ① 設計データの設定：地盤改良設計データとなる DXF データを入力する。
- ② 施工完了範囲の判定の設定：施工範囲を管理ブロックに分割する設定を行う。
- ③ スタビライザの姿勢の設定：GNSS アンテナの取り付け位置と傾斜計の設置角度の設定を行う。
- ④ 施工の開始：制御アプリ画面に入力した通りの区割り位置とスタビライザの現在位置と深度，それに伴った設計深度までのガイダンス量が表示される。そのガイダンスに従い，オペレーターは施工を行う。
- ⑤ 施工結果の確認：施工中の改良深度等の結果をリアルタイムに確認する。
- ⑥ 施工結果の出力：施工結果を帳票出力アプリで帳票出力を行う。

3. 精度検証

本システム内で算出される攪拌装置の位置座標と攪

拌後の深さの精度検証を行った。

(1) 攪拌装置の位置座標精度の検証方法

本システム内に表示される攪拌装置の座標 (X, Y, Z) を，測量機と比較して検証を行う。

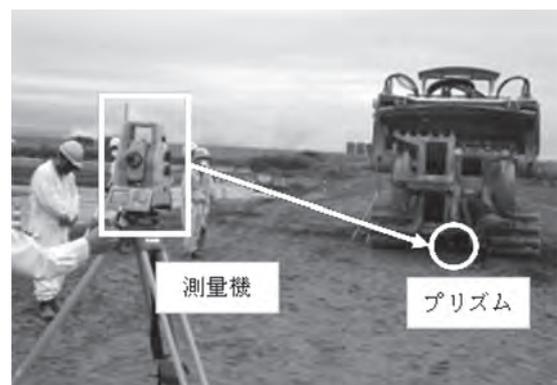
検証する位置は攪拌機左右の中心で刃先の先端部分を測量する (図一4, 5)。

(2) 使用機材

- ① 測量機
- ② プリズム

(3) 検証結果

検証結果は，システム内で算出される位置座標と測



図一4 攪拌装置先端



図-5 測量機でプリズムの位置を測量

表-1 位置座標検証結果

単位：m			
	X座標	Y座標	Z座標
TS座標	22999.179	-21905.679	19.009
システム座標	22999.200	-21905.656	18.999
差	-0.021(21mm)	-0.023(23mm)	0.010(10mm)

量機の測量結果座標との差がX, Y, Zすべて100 mm以内に収まり、GNSSと傾斜計の値から算出される値が要求される精度に収まっていることが確認できた(表-1)。

(4) 攪拌装置の攪拌深さ精度の検証方法

本システム内に表示されるガイダンスに従って攪拌を行い、攪拌後の深さを標尺の測量結果と比較して検証を行う(図-6)。

検証の基準は、位置座標精度の高さ100 mm以内を基準とした。

(5) 使用機材

- ① 標尺
- ② 赤白ポール



図-6 標尺で切削深さを測量

表-2 攪拌深さ精度検証結果

単位：mm	
	深さ結果
標尺結果	980
ガイダンスに従った深さ	1000
差	20

(6) 検証結果

検証結果は、1,000 mmのガイダンス量に従って切削を行い、標尺の測量結果との差が100 mm以内に収まり切削時の高さ精度が要求される精度に収まっていることが確認できた(表-2)。

4. 動作検証

本システムに要求される動作の検証を行った。

(1) 動作の検証方法

本システムの設定画面や、計測中の画面が要求される機能を満たしているか確認する。

(2) 検証結果

① 攪拌判定表示機能

施工中の画面から動作を確認できた。⑤の施工完了範囲の判定と同様の方法で確認した(図-7)。

② 施工範囲の分割機能

施工対象の範囲を区割りごとに分割し、区割り内に10 cmサイズの管理ブロックを設定できることを確認した。

③ 攪拌装置サイズ設定機能

本システムではGNSSを攪拌装置に設置する為、GNSS設置個所から、アンテナの設置高さ・左右のアンテナ間の距離・攪拌機の幅・攪拌機の中心までの距離・刃先の長さを設定することで、攪拌装置サイズの設定ができることが確認できた(図-8)。

④ システムの起動とデータ取得切替機能

施工中の画面内の「START・STOP」のボタン押下で動作を確認できた(図-7)。

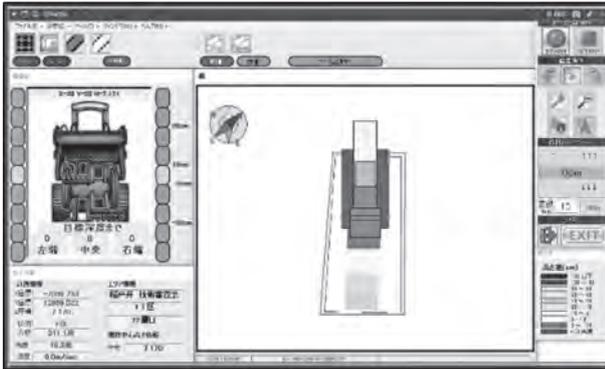
⑤ 施工完了範囲の判定・表示機能

施工完了範囲の判定については、設計高さとして攪拌機の高さをリアルタイムで計算し、残差に応じた色で判定を行う(図-7)。

色の判定は設計高さへの到達・未到達がリアルタイムで判断できることが確認できた。

⑥ 出来形管理資料作成機能

帳票出力アプリから結果帳票の出力ができることが確認できた(図-9)。



図一七 施工中画面



図一八 各種サイズ設定画面



図一九 帳票出力画面

5. 品質確保・生産性向上の検証

(1) 品質確保・生産性向上の検証項目

①オペレーターの熟練度による品質確保

本システムを活用することで、未熟オペレーターが熟練オペレーターと同様の品質を確保して操作できるか検証する。

②走行レーンの把握による生産性向上

施工中の走行レーンが「見える化」されることによって、ラップ幅のばらつきが抑制され、施工の効率が向

上するか検証する。

③出来形確認作業の省略による生産性向上

施工履歴データにより、従来の出来形確認作業を省略する事での効果を検証する。

(2) 検証結果

①オペレーターの熟練度による品質確保

初心者オペレーターの操作が、施工機の位置が「見える化」されることによって、施工ヤードに対してまっすぐに走行することができた。

また、設計深さに対する深度の「見える化」により、攪拌深さは過不足なく一定の厚さで施工することができ、品質を確保してスタビライザを操作することができた。

本システムによりオペレーターの操作を「見える化」し、属人的な操作を誰でもできる作業へ標準化した。

②走行レーンの把握による生産性向上

従来施工では、未改良部を残さない為に、施工箇所との継ぎ目に 20 cm から 30 cm のラップ幅を設ける。継ぎ目のラップ幅や走行レーンの把握には、熟練オペレーターの感覚に頼っており、未熟なオペレーターの場合は、施工箇所の継ぎ目や走行レーンを示す為に、ポールによる区分け作業を行っていた（図一10）。

本システムにより、施工箇所と現在の施工機の位置が「見える化」され、未熟オペレーターの未改良を防止できた。また、ポールによる区分け作業が不要になり、作業員1名が1日当たり30分程度の作業時間を省略することができた。

さらに、目測による従来施工ではまっすぐに走行することができず、前に施工したレーンに対して斜めに走行してしまう事で、余分な未施工エリアが発生してしまっていた。

本システムにより、前に施工したレーンに対して走行している方向が認識し易くなり、斜めに走行することが抑制され、走行回数を効率よく施工することがで



図一10 従来行っていたポール作業

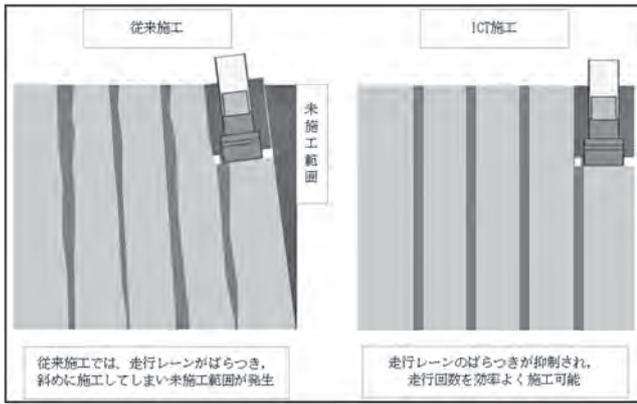


図-11 走行回数の効率化

きた (図-11)。

③ 出来形確認作業の省略による生産性向上

従来の出来形管理方法は、施工後に掘り起こし作業を行い、状況写真と攪拌した厚みの確認を1日3箇所程度行っていた (図-12)。

現状は従来の出来形管理方法を省略していないが、本システムにより、1箇所10分程度の出来形確認作業を1日3箇所程度省略することで1日30分程度の作業時間の削減が見込める。

さらに、攪拌深さがリアルタイムに把握できることで施工深さの不足箇所を即座に再混合する事が可能になり、設計深度に対して均一な施工を行うことができた。

また、施工結果を出来形管理資料として出力することができ、出来形結果を分かりやすく証明可能となり、従来の出来形確認作業による点の評価から、面での評価を表現することが可能になった (図-13)。



図-12 従来の出来形管理方法

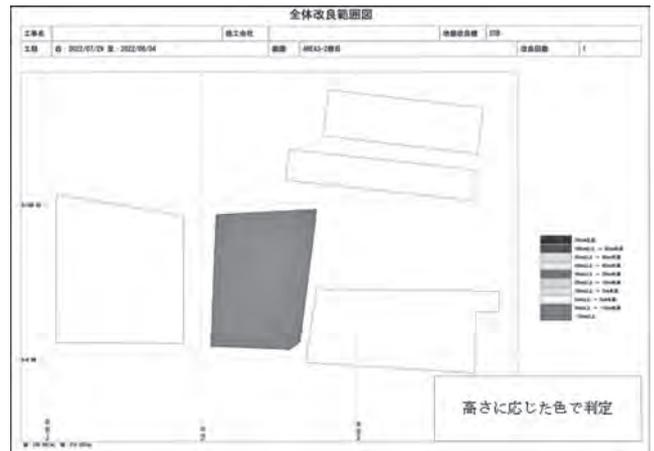


図-13 結果帳票

6. おわりに

本稿の検証結果から、本システムの精度が要求される基準を十分に満たしていると確認できた。

さらに施工位置及び施工深度が「見える化」され、浅層改良における走行操作の技術不足・施工不良等による手戻りを未然に防止した。その結果、より正確な施工管理が実現され、品質管理の合理化、生産性向上に大きく貢献できることが実証できた。

以上の ICT 施工を活用した施工管理と品質管理の合理化により、5~10%程度の生産性向上が見込める。

今後もスタビライザの ICT 施工を積極的に行っていくことで、ICT を用いた施工能力が向上し更なる機能向上や課題が挙げられていくことに期待できる。それらを改善しながら、原位置攪拌する工種において使用用途を広げていき、施工会社、レンタル会社の両面で業界への貢献を引き続き行っていく所存である。

JICMA

[筆者紹介]



橋本 明広 (はしもと あきひろ)
西尾レントオール(株)
通信測機技術部 技術サポート課
係長



衣川 剛央 (きぬがわ よしひろ)
(株)東洋スタビ
執行役員 統括所長

液状化対策で CO₂ を地中貯蔵

丸太打設液状化対策&カーボンストック (LP-LiC) 工法

沼田 淳 紀

気候変動対策や地震被害対策は喫緊の課題である。このような環境下で、これからの地震被害対策は、地震被害対策だけを考えるのではなく、同時に、気候変動対策にも対応する必要がある。そこで、地震による液状化対策を実施しながら、伐採木材製品を大量かつ長期に使用し炭素を地中に貯蔵する「丸太打設液状化対策&カーボンストック (LP-LiC) 工法」を開発した。本稿では、丸太を使う意義を示し、この工法の概要とこれによる液状化対策効果と炭素貯蔵効果を示し、さらに、約 10 年前に LP-LiC を施工した地点で実施した丸太の掘出し調査より、丸太が確実に 10 年間炭素を貯蔵し続けていることを示す。

キーワード：液状化対策，密度増大，カーボンニュートラル，炭素貯蔵，木材

1. はじめに

地球温暖化にともなう異変が日常的にニュースとして取り上げられ、気候変動を誰しもが実感するようになってきた。しかしながら、この具体的な対策や効果は、ほとんど理解されていないのが現状だと感じられる。このような中で、日本政府は、2020 年 10 月に、2050 年までに温室効果ガスの排出量を全体としてゼロとするカーボンニュートラルを目指すことを宣言した。ここでカーボンニュートラルとは、二酸化炭素 (CO₂) 排出量から植林などによる吸収量を差し引いて、その合計を实施的にゼロにするという意味である。これは、今後も CO₂ 濃度が増え続け、気温は上昇し続けるが、2050 年には CO₂ 濃度の上昇をなんとか食い止め平衡状態にしようというもので、大気中の CO₂ 濃度が産業革命前に戻り、気温も産業革命前に戻るという意味ではないが、現実的で具体的な目標だと言える。これを進める上で、CO₂ の排出削減を積極的に行うことは勿論大切であるが、それだけでは目標に届かないと考えられ、同時に、CO₂ の吸収量を増やすことも重要である。吸収量を増やすには、造林や森林管理を進める以外に、丸太を含む伐採木材製品 (HWP: Harvested Wood Products) を長く大量に使うことも効果があり、本稿はその具体的な方法を示す。

気候変動対策とともに、我が国は、地震が多く発生し、南海トラフ地震のような巨大地震が 20 年以内に発生する確率も 60% と高まっており (地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2023.1.13), 安全・安心な

社会を構築するためには、この対策も喫緊の課題である。地震による地盤の液状化は、大きな地震が起きると、広い範囲で発生し、甚大な被害をもたらすが、適切な対策を実施すれば被害を確実に低減できる。これからは、このような地震被害対策を気候変動と無関係に進めるのではなく、気候変動への影響を考慮して実施すべきである。

そこで、筆者らは、液状化対策を実施すると同時に、HWP を大量かつ長期に使用し炭素を地中に貯蔵する「丸太打設液状化対策&カーボンストック (LP-LiC) 工法」を開発した。本稿では、丸太を使う意義を示した後に、この工法の概要と、この工法の特徴である炭素貯蔵効果を実際の施工事例で計測した結果を示し、最後に、10 年前に施工された丸太を掘出し、炭素貯蔵を検証した調査について述べる。

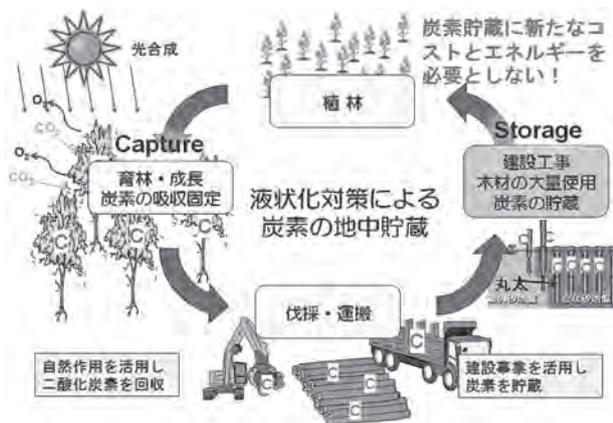
2. 木材を利用する意義

大気中の CO₂ を回収する方法は、CO₂ を直接空気から回収する DAC (Direct Air Capture)¹⁾ といったアイデアがあるが、現実的なものは樹木の光合成による方法しか見当たらない。樹木は、太陽エネルギーを使って光合成により大気から CO₂ を吸収し、炭素を樹木として固定し、酸素を放出する。したがって、樹木が生長した分、大気から二酸化炭素を回収したこととなる。海洋も大気から CO₂ を吸収するが、これは人為的な制御が実状できない。一方、樹木は植林によって人為的に増やすことができ、さらに、樹木から

伐り出した HWP を増やし、再生林も進めれば、資源を枯渇させることなく持続的に HWP を使用し増やすことが可能である。LP-LiC 工法は、HWP を大量かつ長期的に使う具体的な方法の一つである。

地盤の液状化は、地下水位が浅いことが発生条件の一つである。一方、木材は地下水位以深では、空気が不足するため、腐朽菌やシロアリなどは活動できず、これらの生物劣化は進行しない。事実、このような条件下では、歴史的な木材が生物劣化することなく 100 年を優に超えて健全であることが確認されている^(例えば 2), 3)。したがって、液状化対策の材料として丸太は相性がよく、恒久的に液状化対策効果を得られるとともに、木材に固定された炭素を地中に半永久的に貯蔵できる。

図一 1 に、CO₂ の回収 (Capture) から LP-LiC による炭素貯蔵 (Storage) の流れを示す。LP-LiC が、液状化対策工事として実施されていれば、木材を使うことで、CO₂ の回収と貯蔵に新たなエネルギーと費用をかけることなく、無理なく、現実的な方法で、確実に大気から CO₂ を回収し、炭素を地中へ安定的に長期貯蔵できる。

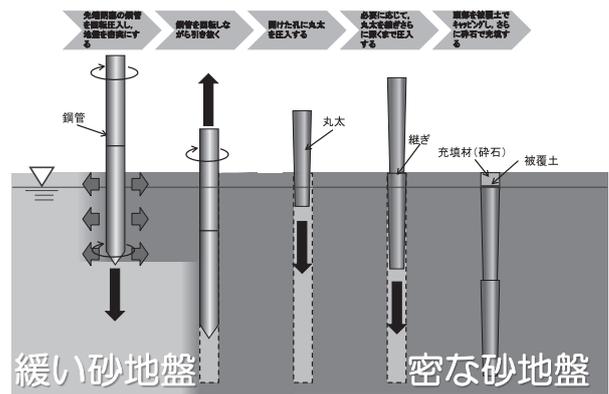


図一 1 木材による CO₂ 回収と炭素の貯蔵

3. LP-LiC 工法

(1) 工法の概要

LP-LiC 工法の概要を述べる。LP-LiC 工法は、緩い砂地盤に丸太を打設し、丸太の体積分砂地盤を密実にする工法である。図一 2 に、LP-LiC 工法の施工手順を示す。丸太を砂地盤へ直接打設することは困難なので、最初に先端閉塞の鋼管を正転反転させながら所定の深度まで無排土で圧入し、回転しながら鋼管を引き抜く。その後、鋼管でできた孔に、丸太を頭部が地下水位以深になるまで圧入する。改良深度が大きい場合には、丸太を縦に継いで打設する。丸太圧入後には丸太頭部から地表面に孔が残るため、丸太頭部を粘性土



図一 2 LP-LiC の施工手順

系の土で 50 mm 程度の厚さで被覆し、丸太頭部が空気と触れて生物劣化が生じないようにキャッピングする。その後、碎石を投入し、パイプレーターで締め固めながら孔を充填する。丸太は、杭ではなく、砂地盤を密実に保持するための地盤改良材なので、大きな強度は必要なく体積を維持できることが重要である。丸太の樹種は、基本的に問わないが、真っすぐな丸太が使いやすいので、スギやカラマツなどの針葉樹が一般的に使用される。継ぎ部も杭ではないので曲げに耐える必要はなく、丸太打設時に丸太同士がずれないようにしていればよい。

写真一 1 に、LP-LiC 工法の施工状況を示す。丸太の打設には、リーダー式の施工装置が用いられる。このため振動騒音はほとんど発生せず、加えて、残土が発生せず、材料飛散がなく、丸太径も 0.16 m 程度のものが用いられるので、1 回あたりの改良面積は大きくなく、境界近くまで施工できるといった長所がある。

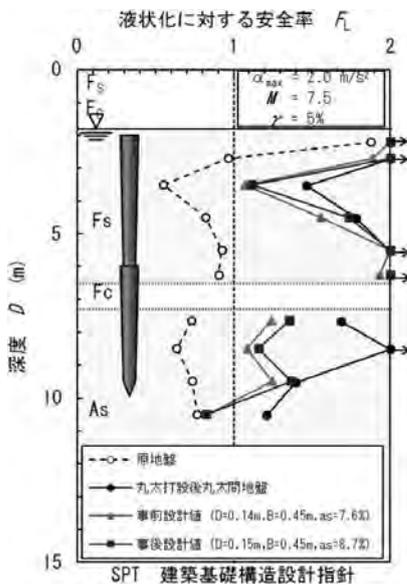
(2) 対策の効果

丸太を実際の地盤に打設し、*N* 値より液状化判定を行った結果を示す⁴⁾。施工の概要は、丸太末口径 (生材の丸太は太い径と細い径があり、細い側の径) :



写真一 1 LP-LiC 工法の施工状況

0.14 m, 丸太長さ:4 m を 2 本継ぎ 8 m, 丸太頭部位置: GL-2.0 m, 丸太打設間隔:0.45 m, 樹種:スギである。図一3に, 丸太打設前後の建築基礎構造設計指針⁵⁾に基づき求めた液状化に対する安全率 F_L を示す ($a_{max} = 2.0 \text{ m/s}^2, M = 7.5, \gamma = 5\%$)。図中には, 末口径 0.14 m で, F_L が 1 以上になるように設計した時の値と, 丸太搬入後丸太径を実測しその平均値が 0.15 m であったので事後設計としてその値を用いて F_L を計算した値を併記した。丸太打設前は, ほとんどの範囲で 1 以下であるが, 丸太打設後はいずれも 1 を大きく上回り, 設計値よりも大きくなった。



図一3 丸太打設前後および設計における液状化判定結果⁴⁾

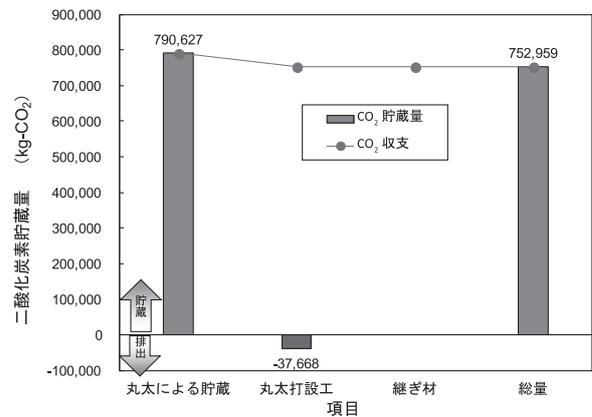
4. LP-LiC 施工による炭素貯蔵効果

97 宅地の大規模分譲住宅のほぼ全面 (改良面積 13,382 m²) に LP-LiC を施工し, 液状化対策を実施した時の, 丸太による炭素貯蔵量と工事による CO₂ 排出量の計測結果を示す⁶⁾。この地点における液状化に対する目標性能は, 国土交通省の「宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針」⁷⁾ にならい, GL-5 m 以浅の各層が「A: 顕著な被害の可能性が低い」となることとし, 液状化判定は, 建築基礎構造設計指針⁵⁾に従い, 地震動はマグニチュード 7.5, 地表面水平加速度 200 Gal とした。これより, 丸太の末口径:0.15 m, 丸太長さ:4.0 m, 丸太打設間隔:1.0 m で正方形配置, 樹種:スギ 7,000 本, カラマツ 6,420 本とした。表一1に, この時に使用した機械と台数を示す。

図一4に, この工事の丸太に貯蔵された炭素量 (CO₂ 換算値) と工事による CO₂ 排出量を示す。本工事では継ぎ材を用いていないので, 継ぎ材による排出量は

表一1 LP-LiC の施工に用いた使用機械⁶⁾

機械名称	型番	用途	台数
丸太打設機	BA100 (10 t)	先行回転圧入, 丸太圧入	2
丸太打設機	SPD20FL (20 t)	先行回転圧入, 丸太圧入	1
削孔機	SW1565	先行回転圧入	1
運搬機	ヤドカリ	丸太運搬	1
タイヤショベル	WA30 (0.4 m ³)	碎石運搬	2
バックホウ	PC128 (0.45 m ³)	整地等	1
発電機		パイプレータ碎石締固め	3



図一4 大規模分譲住宅で LP-LiC を施工した時の炭素貯蔵量と工事による CO₂ 排出量 (CO₂ 換算)⁶⁾

無い。なお, 計算は, 工事現場の敷地内の施工のみを対象とし, 敷地外の運搬や通勤, 現場事務所の電気などによる排出は対象としていない。丸太に貯蔵された総炭素量 (CO₂ 換算値) は 790.6 t-CO₂, 工事によって排出された総二酸化炭素量は 37.7 t-CO₂, その差は 753.0 t-CO₂ の貯蔵側である。このように, 丸太による炭素貯蔵量は, 工事による排出量の 20 倍程度であり, 炭素貯蔵効果が極めて大きいことが分かる。

5. 炭素貯蔵効果の検証

前章で LP-LiC 工法によって地中に貯蔵された HWP による炭素貯蔵量を示したが, このような炭素貯蔵効果が国際的に認知されているわけではない。HWP に使用される木材は, かつてはその総量が一定だと仮定され, 伐採時に即時排出とされていた。しかし, 京都議定書第二約束期間の 2013 年以降, 製材, 木質パネル, 紙などについては HWP による炭素貯蔵量を計上できるようになり, 我が国も 2015 年から HWP の炭素蓄積量を計算し, 気候変動に関する国際連合枠組条約 (UNFCCC: United Nations Framework

Convention on Climate Change) 事務局に報告している。その計算方法は、2006年 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) ガイドラインおよび2019年 IPCC 改定ガイドによっており、これによれば LP-LiC で用いる丸太は「その他の産業用丸太」に分類され、伐採された時点で、実質上即時排出とカウントされている⁸⁾。これを CO₂ 吸収量としてカウントできるようにするためには、地中に置かれた丸太の長期的な質量変化傾向を明らかにしていく必要がある。そこで、筆者らは地中にあった木材を掘出し、その調査を実施してきている。この一例として、約10年前に LP-LiC を施工した地点の調査概要を以下に示す。

2013年2月に千葉県木更津市の海岸埋立地で、LP-LiC 工法の実証実験を実施した。この時の施工仕様は、丸太の末口直径：0.14 m、丸太長さ：4 m、樹種：カラマツ、打設間隔：0.65 m、丸太頭部位置：GL-1 m、打設配列：8行×8列（正方形配置）、丸太打設本数：64本であった。ちなみに、この工事による炭素貯蔵量（CO₂ 換算）は 2.9 t-CO₂（改良面積当たり：0.116 t-CO₂/m²、改良体積当たり：0.0232 t-CO₂/m³）である。丸太打設から約10年経過した2022年12月に、丸太の掘り出し調査を実施した。写真-2に、丸太を掘り出した地盤の断面の様子を示す。この時の地下水位は、概ね GL-1.55 m 程度で、丸太頭部は地下水位以浅であったことがわかる。写真-3に、丸太頭部の様子を示す。前述した通り、丸太頭部は、丸太が生物劣化しないように空気と遮断する目的で粘性土がキャッピングされ、その上は、締め固められた碎石で充填されている。丸太は、地下水位以浅に位置しているが、極めて健全な状態であることがわかる。

採取した丸太を 50 mm 程度の円盤状に切り出し、その容積密度（＝全乾状態の質量／高含水率における容積）を求めた。図-5に、容積密度の深度分布を示す。なお、現在、採取した丸太の分析中であり、これらの値は暫定値である。図中には、地下水位位置と

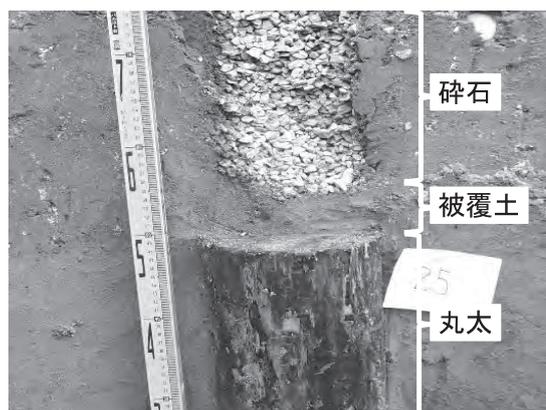


写真-3 丸太打設後10年経過した丸太頭部の様子

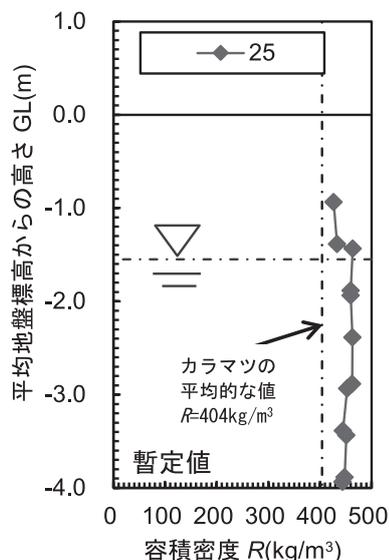


図-5 10年前にLP-LiCで施工した丸太の容積密度の深度分布

カラマツの平均的な容積密度を併記した。丸太の各部における容積密度は、平均的な値をやや上回り、深度方向にもほぼ一定値を示すことがわかる。したがって、丸太打設後10年が経過したが、10年前の炭素がそのまま地中に貯蔵されていると言える。

6. おわりに

木材を液状化対策に使う意義を示した後に、LP-LiC 工法の概要を示し、この施工による炭素貯蔵量（CO₂ 換算値）が施工による CO₂ 排出量の 20 倍程度である事例を紹介し、最後に、施工後10年が経過した丸太の掘り出し調査により地下水位以浅を含め、丸太の容積密度の変化は認められず、10年間炭素を貯蔵し続けている事例を示した。



写真-2 丸太打設後10年経過した地盤断面の様子

《参考文献》

- 1) ホール・ホーゲン編著, ドローダウン, 山と溪谷社, pp.346-349, 2021.1.
- 2) 中村裕昭, 濱田政則, 本山寛, 沼田淳紀: 地中に使用した木材の長期耐久性に関する事例調査, 第9回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, 地盤工学会, pp.277-282, 2011.
- 3) 中村裕昭, 濱田政則, 沼田淳紀: 土木分野での木材地中使用の歴史的事例, 木材利用研究論文報告集 11, 土木学会木材工学特別委員会, pp.95-101, 2012.8.
- 4) 村田拓海, 沼田淳紀, 三輪滋, 原忠, 坂部晃子, 三村佳織: 丸太打設液状化対策の実施工地点におけるサウンディング試験, 第50回地盤工学研究発表会発表講演集, pp.1819-1820, 2015.9.
- 5) 日本建築学会, 建築基礎構造設計指針, 丸善, pp.61-64, 2001.
- 6) 沼田淳紀, 松下克也, 村田拓海, 川崎淳志, 三輪滋: LP-LiC 工法の大規模分譲住宅造成への適用事例, 木材利用研究論文報告集 15, 土木学会木材工学委員会, pp.83-88, 2016.8.
- 7) 国土交通省: 宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針, 2013.4.
- 8) 国際緑化推進センター, 軟弱地盤対策のための地中利用木材のCO₂蓄積量の評価に関する調査(フェーズII)(令和3年度CLT等木質建築部材技術開発・腐朽事業)報告書, pp.6-10, 2023.3.

【筆者紹介】

沼田 淳紀 (ぬまた あつのり)
 飛鳥建設㈱
 土木本部 グリーンインフラ部
 シニアエンジニア



交流のひろば/agora—crosstalking—



土木の始まりと人とのかかわり ～土木工事の歴史と進化

池田 智

本稿では、土木の始まりから最新の状況、未来までを駆け足でお伝えしたい。技術的な話は専門家にお任せするとして、門外漢の立場から土木の面白さを綴りたい。紙幅の関係から大幅に飛んだり、偏りもあるがご容赦願いたい。土木の始まりから中世、近代と土木の関わり、建設機械や先進技術の目覚ましい進歩を追った。

キーワード：縄文時代、古墳、稲作、治水、灌漑、建設機械

1. 縄文時代の土木・測量の技術水準

今からおよそ5,900年～4,200年前の縄文時代前期から中期の三内丸山遺跡の大規模集落跡にある木柱列跡。

大きいもので穴の直径、穴の深さ共におよそ2m、穴の間隔は等間隔に3個ずつ2列に並び、「夏至、冬至」の二至と「春分、秋分」の二分を知るための日時計の役割があったと言われている。縄文時代は文字のない時代であったので遺跡から推察するしかないのが残念である。しかしこの時代から測量技術と土木技術を使っていたということだ。当たり前だが穴掘建柱車もバックホーもクレーンもない時代に、巨木を切り出し、運び、穴を掘って建てたのだから、どれほどの時間と人数を要したのか。他の遺跡でも環状柱石など二至二分を知るための日時計の役割の遺跡が多く見受けられる。冬至の太陽を見ることが出来る環状盛土など、当時から測量、土木の技術が必要な水準には至っていたことには感動すら覚える。この時代はまだ稲作を行っておらず、木の実の採取、狩猟や漁労で食料を供給していた。そのために季節を把握する日時計は必須の設備であったのだ。季節の把握は稲作に移行しても重要な技術であることには変わりがない。

やがて朝鮮などから農耕がもたらされ、西から時間をかけて稲作が日本列島に広がり始める。水田を作るとなれば治水や灌漑などの土木技術が用いられるようになる。静岡県の登呂遺跡では、水田跡の矢板など貴重な遺構があったそうだが、戦争末期の混乱で調査を再開する前に無くなってしまったものも多いという。この辺りから現在に至るまで河川治水は我々の生活と

共に進化をしてきたと言っても過言ではないかもしれない。

縄文時代、弥生時代と時を経て古墳時代に入ると今度は古墳という国家プロジェクトの土木工事が行われるようになる。仁徳天皇陵だ。意味合い、規模、対外的アピールの観点から見てもスケールの大きいものである。更に538年には仏教が伝来し、更に577年には百済から仏像や寺の造営の技術者が入っている。本格的に海外の技術を取り入れ始めるのだ。稲作が広がった際も農耕技術として海外の技術が入ってきたが、仏教伝来は土木、治水の他に建築や、造仏の技術も採り入れられた時代である。

2. 土質が先か計画が先か？

柱、古墳、寺社仏閣など何を造る際に地盤の安定した場所を選んで建てるのであればよいのだろうが、実際には水のそばといった条件、まじないやト占といったスピリチュアルな要素、政治的要素などが加わると必ずしも、地盤の安定した場所とは限らない。そこに何らかの工事、建築などの造作物を設置するとなると、それに耐えうる措置を講じなければならない。土質改良だ。

1077年（承暦元年）に白河上皇が建てた法勝寺には本尊を安置する金堂、八角九重塔などがあった。現在は建物は無く、京都市動物園の敷地となっているが2010年に遺構が発見された。詳しく調べると、鴨川の支流で砂地であったところに当時の最新技術で地盤改良の工事を行ったうえで建てられていたことがわ

かったという。

3. 人の住まう所に必要なインフラとは

たいへん御不敬な話かもしれないが、筆者は神様もインフラの一種かもしれないと常々考えている。車で山の中の道路を走り曲がりくねった道を暫く進むと、田畑や人家が出始める。里、集落に行き当たるのだ。そしてその集落の中に森や林がある（山の下の場合もある）いわゆる“鎮守の森”で寺社がある。人が定住し田畑が出来る。人が集まりコミュニティの形をとる。衣食住が整備されると、そこに何らかの心の拠り所、感謝の拠り所となる寺社が勧請される。人ありきなのである。縄文時代も心の拠り所、感謝の拠り所として太陽や自然に祈りをささげる、更には呪い師のような存在も居たのだ。山の中だけでなく、海辺でも同じように寺社が整備されている。道、田畑、集落、そして寺社。ひっくるめてインフラというのは乱暴であろうか。

農耕が盛んになるにつれて治水工事、特に河川治水はどの時代においても避けて通ることのできないものとして課題となっている。ひとたび川が氾濫すれば、田畑と作物は全滅する。治水で有名な戦国武将と言えば武田信玄であろう。信玄堤をはじめとして領内の治水工事に力を注いだのは有名な話だ。戦国時代は治水のみならず、城や要塞の築城、改修、修復など様々な技術、ノウハウが培われていった。やがて江戸幕府、明治維新による新しい政治体制の構築とともに工事の在り方も変遷し、今に至る。

インフラ整備が公共事業化され、契約や入札の在り方も整備されてきた。入札方式だ。明治、大正、昭和、平成の紙入札方式を経て、平成15年に国土交通省で電子入札が全面導入された。筆者の前職は地方公共団体の電子入札と業者登録関連の問い合わせ窓口の立ち上げと運用であった。今でも取材時の会話で、何故そんなに詳しいのかと訝しげに聞かれるが、このころの経験によるものである。

4. 建設機械の進化と ICT 施工

縄文時代から人力で土木工事を行ってきた日本における機械化施工は明治時代に始まった。明治30年代の淀川改修工事で浚渫船、バケット掘削機などを用いて工事を行った。ドラグライン、パワーショベル、ドリル、起重機など様々な建設機械が輸入され、ダム、

トンネル、港湾建設などに使用され始めた。中には日本の現場では定着しなかったものもあった。1930年に神戸製鋼が6年の開発期間を経て作りあげた「50K」は電気ショベルであったのは面白い。

第二次世界大戦を挟み、戦争関連の工事から、戦後復興の植音とともに建設機械の活用と進化が始まった。当時はダムの工事などで海外製の建設機械に比べて耐久性の面で劣っていたと言われた国産の建設機械。海外に追いつけ、追い越せで開発が進められた。

耐久性に関して、小松製作所ではネジの焼き締めの高さまで研究を重ね、工場近くの河原で耐久試験を繰り返したという。

主に昭和の時代、建設機械開発の黎明期にはいろいろな機械が製作された。ブルドーザーにブレードとショベルが両方ついているもの、ブレードとクレーンがついているものなど一つの機械に複数の機能を持たせて、マルチプレーヤーとして現場で活躍が期待されたものであろうか。他にもドーザーショベル、水中ブルドーザーなど、サンダーバードの世界のような機械もあった。

海外との技術提携、国内メーカーの統合などを経て建設機械メーカーと建設機械は進化を続けてきた。

平成27年12月にi-Constructionの導入が発表された。筆者も発表資料を読んだが、お恥ずかしながら明確なイメージがつかめなかった。電子入札に関わっていたので、電子納品はどんどん移行していきたくらいしかわからなかった。それから一年後の平成28年12月末に筆者は会社を辞め、建機カメラマンとして出発することになった。ここからは手探りで、仕事に関わるたびに学びながら進んできた。

仕事や取材でさまざまな会社、現場を通してi-Construction、ICT施工に触れてきた。大きな工事で使うICT施工から、中～小規模工事に使うICT施工技術、特にここ数年のライトICT機器の利用拡大には目を見張るものがある。各種展示会をみても、ICT施工やDXをどう使うか？から、いかに使うか・使いこなすかの目線での展示になっているように感じている。

5. もっと楽にもっと使いやすく

例えば、今日はお客様への新技術のプレゼンテーションがあるとなれば、背広やワイシャツ、ネクタイなどを勝負服でコーディネートするだろうし、仕事の後に友達や恋人と会うとしたら、また別のコーディネートで出かけるだろう。筆者は工事でも服を着替える

ような感覚で機械や装備、システムを選べるようになって考えている。

「今日はA現場で〇〇作業か。それならこの建機にこのアタッチメントで行こう」「工事のデータと図面はこれだな」

端末で指示をして地下駐車場に行き、車に乗る。現場に着いたら乗ってきた車が工事用の機械に早変わりする。まるでSF映画のような世界が展開する時代が来るかもしれない。

あまりにも絵空事過ぎるだろうか。では身近で実現可能なところであれば、熟練オペレーターの操作をLIVE中継で見ることができるといえるのだろうか。医療業界で学生やインターンが有能な先輩医師の執刀を見学するというのがある。これの建設機械版だ。

LIVE中継だけでなく、教材としての活用もできる。これは実際に導入されているところがあるだろう。

バックホーやタワークレーンの遠隔操作はどのメーカーも力を入れているところであり、現場まで赴かなくても作業が可能な時代になっている。これが実現すると、出張経費の削減という経費面と働き方の自由度が上がるというメリットがある。

特に子育てや介護などで技術があるのに、就労が制限されることが軽減できるのではないか。半日だけ働きたい、数時間だけ働きたい建機オペレーターが集まれば、交代制で現場の作業を行うことができる。サテライトオフィス、サテライトコクピットが各地に整備されれば、居住地も大きな障害にはならないだろう。

ただ、気になる点としては、現場とオペレーターの溝ができないように考える必要がある。遠隔操作だけで言うとも画期的で効率も良い面だけがクローズアップされがちだ。実際には現場で機械のメンテナンスや移動、下準備を行うスタッフがいてこそその作業だということを忘れてはならない。

6. ニュー 3K の時代

昭和の頃は土木・建設業界といえば3K（きつい・汚い・危険）とネガティブな言葉であらわされていたが、平成を経た令和の現在は異なると考えている。業界の方々の地道な努力によってネガティブな状況からはとっくに脱却している。もはや土木・建設業界は3Kではない。ただまだ暗黙知の状態に感じており、これを形式知にしたいと考えている。次の業界の担い手候補のZ世代、α世代に向けて業界のイメージをどう伝えるか。そこでニュー3Kを考えたのだ。

ニュー3K（建機・効率・カッコいい）

土木・建設業界では近年、建設機械に限らず、機械化、効率化が著しく進化している。古代から中期時代のように人海戦術で行う時代ではない。特に若い世代は効率という言葉が好きようだ。楽をしたいというよりも、労力に見合う成果プラスアルファを好む傾向にある、と言えいいだろうか。いわゆる“コスパがいい”という感覚だ。

建設業界はIoT技術でマシンコントロールや遠隔操作で効率の良い作業ができ、DX技術で成果の見える化も可能。しかもロボットを操縦するようなカッコよさもある。何より土木・建設業界がインフラの整備、人が利用する場や集う場を作ることができるカッコいい仕事。これをZ世代、α世代に向けてアピールしたいというのが筆者の考えだ。

面白い振付でもつければ、幼稚園くらいの小さいお子さんが「建機～！効率！カ～ッコいい～」なんてマネするくらいにならないだろうか。

JICMA

【筆者紹介】

池田 智（いけだ さとし）
サトシドットリンク、
建機・重機・工事現場カメラマン



ずいそう

未来予測ゲーム

黒川 洋之



今から半世紀ほど前は、コンピューターが人間を支配するというストーリーのSF小説に出会うことがあった。それらの話の主役たるコンピューターは、いずれも人間を遙かに凌駕する知能を持つに至っていたのだが、今ほど生活に入り込む前のコンピューターには未知の部分が多く、その主役たちが「意思を持った恐怖の怪物」に成長することに、読者がさほどの違和感を持つことはなかったように思う。

しかし、コンピューターに搭載したAIが人間よりも賢くなる未来が迫ってきている現代においては、逆に、AIが意思を持って人間を支配することなど起こり得ないということに皆気付いてしまっている。だからであろう、そのようなストーリーに新たに会うことは難しく、AIによる恐怖は、仕事を奪われてしまうのではないとか、人間の際限のない欲望に悪用されてしまうのではないとかのリアルな話になっている。

ところで、なぜAIが人間を支配しないのかと言えば、人間と違って、遺伝子を残すという根源的な目的を持たないからだ。翻ってその根源的な目的を持っている人間の行動はある意味筋が通っていてわかりやすく、人が人を支配するという行為も、結局はその目的のための手段と捉えることができる。もし、AIが支配を企てるとしたら、それはよからぬことを考えた誰かが道具として利用しているということである。そう、そもそも、どんなに進化しても、AIは人間の作りだした道具でしかないのだ。

人類は太古の昔から道具を考案し、作り続けてきた。そして、その道具はいずれもその機能において人よりも優れたものであった。そう考えてみると、AIは問題の解決手段を得るための非常に優秀な道具であると言える。もし、超絶的に進化したAIを我々が使うことができるのであれば、我々が抱えているほとんどの問題はAIが解を導いてくれるに違いない。先ほど、現代におけるAIに対する恐怖は、人間が仕事を奪われてしまうことだと述べたが、それすら本当に恐怖を感じる必要があるのかどうか疑わしい。なぜなら、本当に仕事が欲しいのであれば、AIにそれを相談すればきっと自分に合った新しい仕事を生み出してくれるからだ。

そうなってくると、やがて、永遠の命が欲しいという依頼が生じることも間違いないと思う。そして、AI

は必ずそれに応えてくれるだろう。今ですら、たとえば細胞の入れ替えを行うとか、クラウドに意識を上げるとかのいくつかの方法が思いつくのであるから、より高度なAIをAI自らが作り出すようになる未来においては、その解決は造作もないこととしか思えない。

さて、AIが考案した何等かの手段により、人間が永遠の命を手に入れてしまったとすると、先ほど述べた遺伝子を残すという人間の根源的な目的が意味を持たなくなるが、そうなった場合、社会はどのように変化するのでしょうか。人間は未だに他者に対して怒り、時に相手の命を奪うほどの争いを繰り返しているが、これらのことの根っこにも遺伝子の問題があることを考えれば、やがてはそういった物騒な話はなくなり、永遠の平和が約束される理想郷が訪れることになるのかもしれない。

我々は、高度な道具を手に入れた際に、その悪用による生命の危機を回避するための何らかの規制をかけることが常ではあるが、理想郷ではそのような規制も不要になるため、AIの進化はタガが外れたかのように速度を上げることになるであろう。そうすると、人間が永遠の命を得た先にある地球の寿命という恐怖にすら、AIは解を出してくれるのではないだろうか。

ここで突然に仏教の話になるが、仏教では56億7千万年後の末法の世に、天上での修行を終えた弥勒菩薩が現れて理想郷を作り、人々を苦しみから救済すると言っている。この理想郷はおそらく仏教の開祖である仏陀の思想に基づくものではないかと思われるが、考えてみればみるほど、AIがもたらす理想郷と大差のないような気もしてくる。地球が寿命を迎えるまでの残りはおおよそ50億年と言われており、妙にそのあたりも符合している。果たして、仏陀はどこまで何を想定していたのであろうか。

56億7千万年後というのはあまりにも果てしない話であるが、AIの知能が人類を超えるシンギュラリティまであと四半世紀もない現代において、そこまでも予測してみるゲームに興ずるのは案外に面白いのではないかと思う。何よりも我々は近い将来にその答え合わせまでできるのだから。

ずいそう

ゴルフと人生を楽しむ

岡 忠 志



ゴルフを始めたきっかけは、会社の上司に勧められた初ラウンドにて、ロングホール初バーディーという劇的デビューを果たしたのがきっかけ。その時の感覚が忘れられなくなりゴルフに没頭し始めた。「上手くなりたい!」という気持ちは強い。毎週のように練習に通い理想のショットを追求し続けている。

最初こそ不安と緊張で一杯だったが、打った時の手応えや、ゆるやかな曲線を描く飛球を見ると、いつでも新鮮な達成感を覚える。ゴルフというスポーツは身体を動かすこと以上に精神面でも集中力が求められる!心身共に集中して打った良いショットを出した爽快感は格別だ。

練習の成果が見られることで自分自身の成長を実感することができ、自己肯定感が高まることも魅力の一つである。しかしゴルフは人生と一緒に難易度の高いスポーツである。全てが自分次第でありスイングのリズム、ショットの精度、コース戦略、自分との戦いというような要素が絡み合う上に、コースの風向きや地面の傾斜なども考慮しなくてはならない。その為ゴルファーにとっては、人生と同様に我慢を続けた先に喜びがある。常にゴルフは自分自身と向き合い色々な難局を乗り越

え18ホール終了した時の達成感がなんとも心地良い!

そしてやはり日頃の練習の成果を友人・同僚とラウンドして実感できることが明らかに楽しい。それはゴルフ場内での過ごし方においても同じである。クラブハウスでの食事ドリンクはコミュニケーションを茶化しながら楽しむことができるし、ラウンドで初対面の人も親睦が図ることができ、友達になることが可能だ。私は遠方にあるゴルフ場へ出向いたり、旅行先でもゴルフに親しんだりすることで多くの思い出ができた。これはゴルフをしていなければ経験できなかったことである。一日中一緒に行動するスポーツであることから、自然と親睦を深めやすく、特に取引先との関係を良好にする効果が大きいと実感している。食事やラウンドを共にすることにより、ビジネスのみの付き合いでは叶わない会話を通じて商談相手との意思疎通もスムーズに行われるようになった。また、社外の人物に限らず自社の社員とのラウンドも多い。そのよう



写真-1



写真-2



写真-3

な折では、日々の仕事や交流では気づくことができなかつた思わぬ実力や、意外な一面に驚かされることがあった！こちらもゴルフの醍醐味である。

初心者の頃の目標は常に誰よりも遠くへ飛ばすこと！スコアは100を切ることを目指し日々練習に励んでいたところ、一向に上達せず。まさに「木を見て森を見ず」の状況であった。満足のいく一打のショットがたまに出ていてもラッキーであるためか次には繋がらず、相手とスコアを競うことだけをただ焦ってしまい、なかなか安定しないショットに一喜一憂させられていた。そんなある時、ゴルフコースの自然の景色から“無”の心となり、気が付いたときには18ホールラウンドが終了していた。なんとスコアはパープレイ72！今では、どうやってそのスコアが出たのかがまったく思い出せない。このことから学んだのは、常に同じ結果は出ないこと。同じコースで同じような天気でも続けて良い結果になるとは限らないポイントに楽しさを見出し、自然を楽しむ余裕を意識するようになった。そして、日々自分の苦手なショットを克服したり、創意工夫したりすることが求められる。例えば、ライの条件や風向きなど、環境に応じた打ち方をイメージしつつ常に新しいショットに挑戦することが大切だ。基本パターとアプローチの練習量は全体の7割を占める。それは18ホールラウンドする中で一番使うクラブがパターとアプローチだからであり、よりよいスコアのための要となるからである。



写真—4

若いうちから始めるべきスポーツは多いが、ゴルフは遅く始めても諦めずに継続して練習を重ねることで、自分のスタイルで必ず上達することができる。ゴルフ場には幅広い年齢層の方々がそれぞれのペースでプレイしている。自然と親しみ、人と親しみ、生涯を通じて付き合い続けられるスポーツである。

今後の目標は、シングル5以内である。常にストロークに挑戦し続けるつもりだ。年齢を重ねると共に新たなスタイルのショットを研究し、ベストスコアを更新するための技術を磨き続けることで、ゴルフをより楽しむことができると思っている。そしてこれからも新たな人との出会いや、友情を深めることも大切にしたいと思っている。ゴルフは、ただのスポーツではなく、人生そのものと言えるだろう。

—おか ただし (株)ダイワテック 代表取締役—

部 会 報 告

北海道新幹線 後志トンネル（天神）他工事見学会報告

機械部会 基礎工事事用機械技術委員会

1. はじめに

JCMA 機械部会基礎工事事用機械技術委員会では、令和5年6月8日に北海道小樽市にある北海道新幹線後志トンネル（天神）他工事 天神トンネル作業所（安藤ハザマ・伊藤・堀口・泰進特定建設工事共同企業体）の見学会を開催した。参加者は16名で、フルオートドリルジャンボ等を駆使した山岳トンネル省人化施工を垣間見ることができたので、その内容について報告する。

2. 後志トンネル（天神）他工事について

北海道新幹線は新青森～札幌間の約360kmのうち、新函館北斗～札幌間の約212kmが令和12年度末に完成予定である（図—1）。後志トンネルは赤井村～小樽市内を結ぶ全長L=17,975mの長大トンネルを4つの工区に分割して施工。天神工区は小樽市内に位置する新小樽（仮称）駅舎付近（札幌側坑口）を起点として、新函館方面へ4,460mのトンネルを構築する工事である。

山岳工法（NATM）で、掘削（発破）、ずり積込搬出、コンクリート一次吹付、支保工設置、コンクリート二次吹付、ロックボルト打設のサイクルを繰り返し施工する。

現場では工事の運営方針として、①最新技術による最適な施工の実現、②地域の生活環境に配慮した施工の実現、③ICT・IoT技術による安全な施工の実現、を掲げている。

①最新技術による最適な施工を実現

高度な情報処理能力を備えた山岳トンネル統合型掘削管理システム「i-NATM」やフルオートドリルジャンボ（写真—1）の導入による全自動削孔、ベルトコンベア（写真—2）の日々延伸によるサイクルの効率化、コンクリート配合の高品質化と液体急結剤による低粉じん型大容量吹付などで効率化・省力化・安全性向上を図っている。

②地域の生活環境に配慮した施工を実現

坑口から直近民家まで約25mと住宅地に近接した施工のため、トンネル坑口付近に防音扉を3基設置するなど生活環境に配慮した設備を備えている。

③ICT・IoT技術による安全な施工を実現

坑内ビューによる情報活用、通信型現場百葉箱を用いた風速・雨量・WBGTのアラート機能によるメール自動配信などICT・IoTを活用した管理や共有を行っている。



図—1 北海道新幹線概要



写真—1 フルオートドリルジャンボ（天神トンネル作業所現場概要資料より）



写真一2 連続ベルトコンベアと破砕機（天神トンネル作業所現場概要資料より）



写真一3 現場概要など紹介

3. 今回の見学会について

現場事務所にて上記に示した現場概要と山岳トンネルの工法の概要、工事の運営方針などご説明頂いた(写真一3)。

またマイクロバスで坑内に入り、覆工台車手前～切羽までを徒歩にて見学させて頂いた。

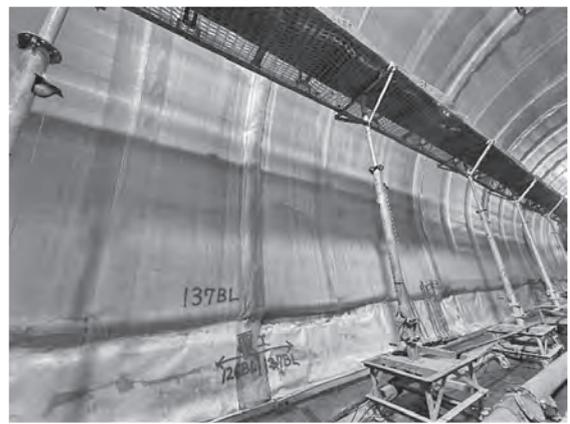
覆工台車を抜けるとベルトコンベアの伸縮サポート(写真一4)が見えてきた。筆者はベルトコンベアをいくつかの現場で見てきたが、いずれも吊り架台やビティ建枠で設置している事が多く、伸縮構造で高さ調整が可能かつ建地1本の簡易な構造に驚いた。

防水シート台車を抜けてさらに奥に向かうと、駐車されていた吹付け機(写真一5)に集塵機やベルトコンベア用破砕機があり、切羽では坑夫がフルオートドリルジャンボで自動削孔した装薬孔に火薬類の装薬を行っていた。

破砕機から切羽までの距離は筆者が過去に見学したトンネル現場の離隔よりも近いと感じ(現場事務所を受けた説明によれば、通常山岳トンネルでは切羽～破砕機間が約80mだが、この現場では約55mを保っていると伺った)、ベルトコンベアの日々延伸の効果を実感した。

発破のため一旦退避し、発破後に切羽立入禁止範囲外まで移動すると破砕機とベルトコンベアが稼働しずりを搬送していく様子、ホイールローダーでずりをすくっていく様子が遠目ながら確認できた。

大型集塵機からの伸縮ダクトで吸引された坑内の粉じんはかなり少なく、発破前とほとんど変わらない視界の良さだと感じた。筆者は6年ほど前に道路トンネ



写真一4 ベルトコンベアの伸縮サポート



写真一5 エレクター搭載一体型吹付け機（天神トンネル作業所現場概要資料より）

ルに配属していたが、当時発破後は集塵機をもってしても視界がかなり悪かった記憶があり、トンネルの切羽断面の形状など施工条件の違いもあるだろうが設備検討と適正配置でここまで綺麗にできるのかと驚いた。液体急結剤を使用した低粉じん型大容量吹付(こちらは今回見学することはかなわなかった)と合わせて視界が良い坑内環境なのだろうと感じた。

4. おわりに

今回 JCMA 機械部会の北海道新幹線後志トンネル(天神)他工事 天神トンネル作業所見学会を通して、新幹線のトンネル現場と最新技術の活用を見聞きしたが、特に印象に残ったのは現場職員達のトンネルに対しての思いを感じたことだった。

現場概要及び最新技術の活用と工夫に対する説明はその飽くなき挑戦と膨大な熱量を感じ、聞いているこちらが圧倒される感覚を覚えた。

見学を終え、フルオートドリルジャンボなどの多彩な最新技術を使いこなしつつ安全迅速に現場業務を遂行するには、これほどの熱量を持たなければ叶うことはないのだらうと、トンネル施工機械に携わる者として考えさせられた。

最後に、このような貴重な機会を私に経験させてくださった基礎工事委員会の皆様と、業務で多忙の中委員会メンバーの見学を受け入れてくださった天神トンネル作業所の職員及び職人の皆様に深く感謝いたします。



写真—6 切羽手前にて集合写真

【筆者紹介】

林 貴也 (はやし たかや)
前田建設工業(株)
土木事業本部 機械部 機械管理グループ
主任



部 会 報 告

ISO/TC 127 (土工機械)/SC 2 (安全性・人間工学・通則 分科委員会)/ WG 24 (機能安全) 作業グループ 2023 年 5 月東京国際 WG 会議報告

標準部会

国際標準化機構 ISO では、2020 年 3 月以来 COVID-19 対策として対面会合を避けていたが、昨年来対面会合解禁され、ウェブ会議では時差の問題で会議時間が 2～3 時間に制限されることから、集中的な論議が必要な案件では対面・Web 併用のハイブリッド方式での ISO 国際会議が一般化して、日米欧各国持ち回りで開催となっており、2023 年 1 月から 2 月にかけての四つの国際作業グループの東京会議に続いて、5 月にも表記会議を機械振興会館 6 階会議室で開催したので報告する。

1. 会議名称：ISO/TC 127/SC 2/WG 24「機能安全」
2. 日時：令和 5 年 5 月 8 日（月）から 12 日（金）
 - 5 月 8 日（月）13 時～16 時：ISO 19014「土工機械－機能安全」規格群改正検討
 - 5 月 9 日（火）9 時～16 時：審議案件は同上
 - 5 月 10 日（水）当初予定 9 時～15 時も、出席者事情によって若干遅めの時間に開始：審議案件は同上及び先々の会議予定であるが、いったん散会后、主要参加者は、会議室から ISO 中央事務局主催の ISO/IEC 専門業務用指針第 1 部改正に関する質疑のウェビナに参加
 - 5 月 11 日（木）9 時～16 時：ISO/PWI 6135「非決定的様相を含む制御系の機能安全」骨子の検討
 - 5 月 12 日（金）9 時～13 時、閉会后、会議室にて昼食喫食後散会：審議案件は同上
3. 場所：機械振興会館 6 階 6-65 会議室（5 月 10 日だけ 6-67 会議室）及び Web 上（ISO Zoom）
4. 出席者：次のように対面出席者は海外から 13 名、国内から 11 名、Web 参加者は海外から 8 名、国内から 3 名、総計 35 名参加

- コマツ：対面－小塚 大輔，松井 貴聖，正田 明平，鈴木 邦利，田中 昌也，Andrea Galassi（イタリア UNI から参加），Web－Felix Willer
- Deere 社：対面－Greg Kittle，Ahmed Taha
- 日立建機：対面－高山 剛，矢崎 太郎，Web－関野 聡
- Caterpillar 社：対面－Bryan Brady，Kevin Carew，Charles Crowell，Eric Moughler，Jennie Rivers，Alex Watson，Web－Nicolas Vandapel
- キャタピラー－ジャパン：対面－坂井 仁，Web－小西 英雄，加藤 昭一郎
- 現代重工業：対面－Brent Deelkens（ベルギー NBN から参加），Web－Seoyoung Lee
- 斗山 BOBCAT 社：対面－Jon Spomer
- Trimble 社：対面－John Erhard
- 英国建設機械工業会：対面－Dale Camsell（ISO/TC 127/SC 2/WG 24 コンビナー）
- Liebherr 社：Web－Thibault Hanser（フランス AFNOR から参加）
- VOLVO CM 社：Web－Wannarat Larsson（スウェーデン SIS から参加）
- BHP 社：Web－Chirag Sathe（オーストラリア SA から参加）
- KOCETI 韓国建設機械研究所：Web－Jong Hee Baek
- Web－Jian LIU（中国 SAC から参加）
- 協会事務局：対面－大西啓二郎，小倉公彦，西脇徹郎

5. 会議内容

5.1 開会：コンビナーの CAMSELL 氏のあいさつで開会し、競争法遵守など倫理的内容が記されている ISO 行動規範を遵守するようにとコンビナーが釘を刺し、対面出席者とウェブ出席者の名が読み上げられて出席者点呼実施し、議事案採択が行われ、今回会議の時間割が説明された。この時期に他所で開催の会議と一部時間帯の重なる問題があつて、一部専門家はそれにも参加要の点について調整のため、以前の案内から若干手直しと説明され、また、その他の事務的事項も説明された。特に今回会議の目的として、ISO 19014 に関しては、第 1 部～5 部を通じての早急な改正を目論んで、特に欧州での法令上の扱いを目論むこと、ISO 6135 に関しては、日本主導の作業グループ ISO/TC 127/SC 2/JWG 28「衝突警報及び回避」で検討中

の「運転員能力補強」との綱引きの面もあって、他の関連する標準化活動との相互の関係を含め、適用範囲をどこまでとするかを検討することが強調された。

5.2 前回及び前々回会合について：昨年2022年11月のドイツのルートヴィヒスハーフェンのWirtgen社での会合及び本年2023年3月の米国サンディエゴのCaterpillar社ソーラータービン部門での会合に関して会議結果及び宿題事項の実施状況が確認されたが、特段の論議とはならなかった。

5.3 ISO 19014「土工機械－機能安全」規格群改正に関する論議（月曜から水曜）：次の主要次項に関して、論議検討した。なお、他にトレンチャーの機能安全についても若干の説明があり、また、林業機械や高所作業車の機能安全の標準化状況についても触れられたが、いずれもさしたる論議とはならなかったので報告を省略する。

5.3.1 将来のEU機械規制について：機能安全を含む要求事項のある既存のEU機械指令が、将来的にEU機械規制で置き換えられて、EUの法制度上の扱いが変わることについて、どう対応すべきかが論議されたが、EU機械規制は2027年1月に適用とのことなので、先々のEU規制の要求事項ではなく、既存のEU指令の要求事項に基づいて当面のISO 19014規格群の比較的小規模の改正を急ぎ実施との方向で論議された。

5.3.2 ISO 13849-1 改正対応の件：ISO 19014規格群は、機種共通安全Bタイプ規格ISO 13849-1「機械類の安全性－制御システムの安全関連部－第1部：設計のための一般原則」に基づくが、このBタイプ規格が最近2023年4月に改正版発行され、欧州版のEN ISO 13849-1も今回会議直後に発行予定であり、改正箇所を関連するISO 19014規格群の対応箇所に反映させるべきかが論議された。そして、第1部～第5部の各部担当の各プロジェクトリーダーは、ISO 13849-1の2023年版での（従来版からの）変更が、ISO 19014各部で何らかの関連変要となるのではないかとの懸念について検討することとなり、ISO 19014規格群改正の目的で、ISO 13849-1乃至そのEN版が利用可能とできないかと論議された。なお、ISO 13849-1の対応規格JIS B 9705-1は、ISOの旧版の一致規格である。

5.3.3 欧州標準化機関CENとの共同作業に関して：CEN傘下のTC 151（建設機械及び建築資材用機械）に対して、ISO 19014規格群の小規模改正を、ウィーン協定の規定の下で、CENとの共同作業をすることを求める旨を通知することとなった。また、欧州指令に対応するCENの欧州整合化規格とする際に指令と

規格の対応を示すため必要となる附属書ZAについてもCENに相談することとなった。

5.3.4 電機駆動化への対応の必要性：ISO /TS 19014-5は、従来技術に基づいて作成されているが、電機駆動式機械も考慮した内容とする必要がないかとの指摘があり、本年3月にベルリンで開催された「路外走行機械の電機駆動化に関する討論会」についても紹介された（ただし、資料は未だWG 24には配布されていない）。WG 24の専門家が路外機械の機能安全を含む発表を行っているとのことであったが、現状の第5部には、従来技術以外の場合の対処を考慮した文面もあるから、直ちに内容を手直しする必要はなく、今後の改正の際に考慮すべきとされた。

5.3.5 作業グループ意見聴取の際に提出された意見の検討：各第1部～第5部までのそれぞれについて各担当のプロジェクトリーダーPLが加筆した見直しについて詳細に検討した。これらの変更は、2023年に至る（米国シカゴ近郊の）Deerefield及び（ドイツの）ルートヴィヒスハーフェンでの会合で得られた合意に基づく。各部をそれぞれ検討し、要すれば調整した。各部の見直し案文は、今後、各部改正の新業務を開始する委員会内投票CIBがいったん承認されれば、それ以降のDIS投票の基になるものである。なお、第5部の検討中に、「運転員はどのように危険源を避けるのか」という様相に注目することとなり、「避ける」という表記は「低減させる」に置き換えるなどの点で合意し、SC 2/WG 24の専門家は、リスク評価の際の別の筋書きも考慮して、その変更が適切かを評価することとされた。

5.3.6 ISO 19014規格群改正の次の段階：今後の改正作業に関して、第1部～第5部は全て同時に並行作業で見直し、先々のEU機械規制よりも現行のEU機械指令との整合を優先して、急ぎ、集中作業する。ISO 13849-1の2023年版への対応は、優先事項とはせず、むしろ、後日の検討事項とすることとし、ISO 19014規格群の当面の小規模改正は、今回に至る一連の会議での合意事項に基づくこととされた。そして、まず、ISO 19014規格群の改正を開始することを親委員会ISO/TC 127/SC 2で決定するため、新業務提案様式Form 4に倣った書式で、各1～5部の改正要旨を記した概要を付して、かつ、ウィーン協定に基づくISOと欧州標準化機関CENとの共同業務とする方針を記して2023年5月24日までに作成し、これを前記SC 2では2023年5月31日開始、同7月14日期限の委員会内投票CIBに付す。並行して、欧州標準化機関CEN/TC 151（建設機械）の2023年6月のCEN/

TC 151 総会で、ISO/TC 127 側の連携代表が本件を報告し、前記 CIB 投票が承認されれば、CEN/TC 151 に、ウィーン協定に基づく共同作業についての決議採択を要請する方向となった。また、今後の ISO/TC 127/SC2/WG 24 会議日程は、ISO 19014 規格群を、EU 機械安全指令の、整合化規格として、EU 官報に掲載されることを目標とすべく、多数回を予定することとなった。まず本年、2023 年 7 月 24 日～28 日ロンドンにて会合し、ISO 6135 及び運転員能力補強手順、並びに、ISO 19014 規格群についての（改正業務開始の決議を求める）CIB 投票の際の意見の検討を行うこととし、続いて、11 月 27 日～12 月 1 日に米国西部で会合して ISO 6135 を検討することとされた。そして、ISO 19014 改正に関しては、前記 CIB 投票が承認されれば、早急に委員会段階などを省略して照会段階 DIS に進め、その結果を検討するため、明年 2024 年 3 月 11 日～15 日にドイツにて会合して ISO/DIS 19014 第 2 部及び第 5 部に対する DIS 投票時意見を検討し、4 月 8 日～12 日に米国にて会合して ISO/DIS 19014 第 3 部及び第 4 部及び第 1 部に対する DIS 投票時意見を検討し、5 月 20 日～24 日イタリアにて会合して ISO/DIS 19014 規格群の DIS 投票時意見対応で未処理の案件を検討することとした。更に、その後、6 月 24 日～28 日にオーストラリアにて会合して ISO 6135 及び ISO 19014 関係を、7 月 22 日～26 日には東京にて会合して同じく ISO 6135 及び ISO 19014 関係を検討とされた。

5.4 ISO 6135「土工機械—非決定的様相を含む機械制御系の安全」検討（木曜日及び金曜日）

5.4.1 EU 人工知能規制に関して：EU 議会における人工知能規制案に触れられたが、本件は対象外の見込みとされた。

5.4.2 自動車の機能安全の動向：本年 2023 年 4 月にドイツで開催された自動車の機能安全に関する討論会の資料の内容は ISO 6135 作成に役に立つと示唆されたが、当該資料が、いまだ配布されていない。

5.4.3 運転員能力補強の評価：ISO/TC 127/SC 2/WG 24 (ISO 6135 作成担当) と同 JWG 28 (ISO 21815 規格群作成担当) の専門家間での非公式の連絡会合が最近実施された。しかし、運転員能力補強のリスク評価に関する要求事項は、ISO 21815 規格群で扱うのか、ISO 6135 で扱うのかという論議に結論が得られておらず、JWG 28 の特設グループは、2023 年 6 月に開催される JWG 28 の次回会合に向けて、資料を作成することとなっていて、この資料は、JWG 28 の専門家の意見を含め、次回 2023 年 7 月の WG 24 会議で

示されることとなっているとされた。

5.4.4 ISO 6135 の自動車の規格に基づく骨子案文の検討：自動車の規格 ISO 21448「意図した機能の安全性」に基づく骨子案文を検討し、ISO 6135 作成に役に立つとされた。

5.4.5 ISO 6135 の次の段階：ISO 6135 の作成方針及び文言に関して、他の関連規格との線引きを含め、次のように合意された。

5.4.5.1 ISO 6135 作成方針：（自動車分野の）ISO 21448「意図した機能の安全性」を参照しつつ、土工機械としての特定の条件に適したものとなるよう作成し、当該業界の必要とする事項に関して、非決定的なシステムが安全である旨の正当性を主張しうる手順を与え、これは、システムが、意図した設計範囲と使用条件の下で、意図したように作動することを示し、設計範囲及び使用条件を超えた際に、安全な方向の作動となることを説明するものとする。

5.4.5.2 ISO 6135 の文言：非決定的手順を含むすべてのサブシステム又は構成部品は、ISO 6135 によって評価し、ISO 6135 は、技術文書として厳格な文言とし、なお、決定的手順又は構成部品を含むサブシステムは、非決定的なサブシステムとデータを交信するとしても、ISO 19014 の適用範囲とし、土工機械関連では、制御系の範囲外の保護手段は、ISO 6135 では、ODD 運行設計領域は保護手段によっては減少したり拡大したりすることがありうるとされた。日本としては、現場管理、協調安全も考慮すべきとの立場なので、日本の立場が受け入れられる余地があると考えたいが、今後の論議を注視したい。

所感：今回会議では、ISO 19014「機能安全」規格群の改正に関しては、EU の法令である機械指令との整合性を ISO 標準化の優先事項として検討していることについて、日本の立場としては、少々、納得いかない面もある。だが、コンビナーの英国工業会の CAMSELL 氏は英国がブレグシットを実施したこともあり中立的な立場であり、EU 側の専門家の今回会議への参加は比較的少数であるものの、多数参加の米国専門家も EU 法令対応優先を何の不思議もなく前提としている。これは、凡そ 30 年前の EU 統合の際に、各国の技術的規制を整合化させるために、基本的事項だけを EU 指令で規定し、詳細事項は EU 指令に対応する欧州整合化規格で規定する方針とした事に由来する。この経緯が、今に至るまで、標準化における欧州の立場を優位としていることを強く感じた。また、ISO 6135「非決定的様相を含む制御系の機能安全」は、日本主導の国際作業グループ「衝突警報及び回避」で

検討中の「運転員能力補強」の活動と、技術内容がかなり重なる問題があって綱引き状態となっている。従来、ISO 20474 シリーズに代表される土工機械の安全面での機械技術を標準化した際（1990年代以降）には、建設機械の製造業界と、主として欧州の労働安全規制当局などとの間の論議が主体で、製造業界は国際的にも業界協調的であった（日本の事情を海外の方に受け入れてもらうには、相当な苦心が必要だった経緯はあ

るが）。しかしながら、近年の自動運転、自律運転、それを支える情報技術、電子技術、また電機駆動化など最新技術の標準化に関しては、安全関連が多いにもかかわらず、米国企業などに業界内競争的雰囲気を感じられる。安全性など社会責任に関連する事案では、業界協調的対応をお願い申し上げたいものの、日本の各社にも、この点を考慮して対応いただく必要がある状況である。



写真一 1 ISO/TC 127/SC 2/WG 24 国際 WG 会議風景

部 会 報 告

令和5年度第133回建設施工研修会（映画会）開催報告

広報部会

1. はじめに

建設施工研修会は、協会内の広報部会における事業活動の一環として、昭和55年度以来、各種の工事記録や施工法などの紹介を目的にあらゆる建設会社から記録映像を借用し、『最近の機械施工』と題した「映画会」という位置づけで開催を続けております。

現在は「建設施工研修会」と改名し、上映内容の範囲拡大と共に建設会社以外からも多くの映像をご提供いただき、近年において製作された新工法・新機種などに関する映像は「先端技術、環境、安全・安心に配慮した機械・施工・技術等及び新工法」へと多角的な視点から技術を深掘り紹介し、建設の機械施工の進化を追い続けることで133回目を迎えることになりました。

本年も、各支部の協力を得て全国5会場（東京本部：6/21、東北支部：7/3、中部支部：9/21、関西支部：10月中旬、四国支部：10月下旬）で順次開催することが決まっており、多くの会員様に有意義な情報共有の場を設けることができ、事務局としては大変感謝しております。

新型コロナウイルスも本年5月のGW明けに5類感染症に移行いたしましたが、東京本部は「ニューノーマル」に沿った企画の実施を意識し、本年も引き続き通常参加者数を制限し、Zoom配信のハイブリッド開催にいたしました。

11名の通常参加と135名（ライセンス分）のZoom参加希望者のお申込みを事前にいただき、以下にハイブリッド方式による東京本部での開催結果を報告させていただきます（写真1～3）。

2. 東京会場開催報告

【概要】

令和5年度 第133回建設施工研修会実績

開催日：2023年6月21日（水）

場所・参加方法：機械振興会館 地下3階 研修-1号
会議室（定員60名／120収容部屋）、
Zoom配信（上限500ライセンス可）

時間：13：10～16：00

プログラム：表1の通り

聴講者数：通常聴講11名、WEB聴講116ライセンス（1ライセンス複数聴講人員は不明）

映像は、13の会員組織（建設機械メーカー6社から12タイトル、建設会社1社から1タイトル、情報機器メーカー、コンサルタント4社から6タイトル、レンタル会社2社から3タイトル）のご協力により、全部で22タイトルの上映となりました。

又、本年は東北支部会員、中部支部会員様からも映像提供いただきました。



写真1 100人を超えるZoom聴講者数



写真2 会場聴講者

3. 今年の傾向



写真一 3 ハイブリッド開催によるソーシャルディスタンス

昨年まで、あらゆる分野において取得データを可視化する技術開発を紹介する映像が多かったですが、今年は製造業やレンタル業によって可視化したデータの有効活用に踏み込んだ技術発表が目立っているように感じられました。

AR技術の発展から、この1～2年で急速に遠隔臨場のハードルが下がり、「施工計画自体の可視化・普及」にまで努める会社の映像を見た際には、人手不足によ

表一 1 第133回建設施工研修会（映画会）プログラム

No.	タイトル	製作年	上映時間	提供者
1	スマートコンストラクションムービー「Hello New World」	2021年	4	コマツ
2	スマートコンストラクション Stage2 バックオフィス編	2023年	5	コマツ
3	K-D2 PLANNER [®] 製品版 プロモーションビデオ（機能紹介） [コベルコ建機 商品紹介]	2023年	5	コベルコ建機(株)
4	コベルコ建機の環境リサイクル機械 2022 ～働き方改革,そして未来の現場を見据えて～[K-DIVE コンセプト映像]	2022年	4	コベルコ建機(株)
5	ミニショベル向け衝突軽減装置 OmniEye [®] （オムニアイ） [コベルコ建機 商品紹介]	2022年	3	コベルコ建機(株)
6	HSC CRANES [C-SAI] クレーン起立外観検査システム	2021年	3	住友重機械建機クレーン(株)
7	千葉ドローン実証ワンストップセンター 「ドローンによるクレーン点検実証実験」	2022年	3	住友重機械建機クレーン(株)
8	ロックボルト施工機「ボルティンガー B32RL」	2023年	5	古河ロックドリル(株)
9	密閉式吊り下げ型コンベヤ SICON ～環境に優しい新しいコンベヤ～	2021年	5	古河産機システムズ(株)
10	地下水関連技術の紹介	2023年	20	(株)アサノ大成基礎エンジニアリング
11	調査・維持管理 斜面の三次元計測	2023年	3	(株)アサノ大成基礎エンジニアリング
12	ARで3次元データを可視化 Trimble SiteVision	2023年	15	サイテックジャパン(株)
13	持続可能な新たな社会へ Let's fly to the moon 圧入工法の新たな挑戦	2023年	4	(株)技研製作所
14	高精度な杭の施工管理を実現する インプラント NAVI [®]	2023年	7	(株)技研製作所
15	圧入原理の優位性と ICT の融合で現場の生産性を向上させる PPT システム [®]	2022年	6	(株)技研製作所
16	クラウドサービスが働き方を変える～CINPHONY Plus のご紹介～	2023年	21	福井コンピュータ(株)
17	3Dを外に持ち出せ！これがDXの真骨頂！ ～CINPHONY Plus と FIELD-TERRACE 活用事例～	2023年	15	福井コンピュータ(株)
18	GNSS マシンコントロールショベルシステム X-53x Auto	2019年	3	トプコンポジショニングアジア
19	後付け衝突軽減システム搭載コンバインドローラ	2022年	3	(株)アクティオ
20	マジックシャッター（ホコリ飛散間仕切りシート）	2022年	2.5	(株)アクティオ
21	安全体感 VR トレーニング	2022年	3	(株)レンタルのニッケン
22	ブルーフローリング試験のデジタル化技術『ブルフロ・i』	2022年	2	(株)NIPPO

り点々と始まった ICT 技術の現場導入が、点群データの活用はもとより、「計測」自体のデジタル化、運転しているだけでデータが蓄積、事故の軽減に繋げるサイクルを構成し、現場の問題解決と同時に生産性向上も叶えていくという変革が、『業界あげての DX』によってスタンダードへと変わってきていることに気づかされました。

又、先述の様に、そもそも視覚的に見えている地上の問題点可視化だけでなく、本来見えていない地下(地盤)自体の可視化技術に関する開発が目立ってきたのが今後の特徴的であったと思います。

4. 今後について

事務局も素人ながら、「点」であった技術がブラッ

シュアアップされて「線」を成し、「面」的に業界の問題をクリアしていく様は毎年映像を通して勉強させていただいております。

これからは、「面」が繋がりあい、幅と高さが生まれるのだろうなと想像した時、かつて「施工計画」⇒「本施工」⇒「完成検査」⇒「維持修繕」を円滑にする『パッケージ』を構築したいとおっしゃっていたある会員様の構想が頭を過り、その具現化はすぐ目の前ではないか！そして来年以降は可視化された技術の応用活用の発表がまた増え、「面」が強化されていくのだろうかと期待が膨らむばかりです。

【筆者紹介】

松本 寛子 (まつもと ひろこ)
(一社) 日本建設機械施工協会
業務部



石張護岸での堤防除草作業効率化の検証

宇田 陽亮・井野 歩惟

堤防等河川管理施設及び河道の点検要領における石張護岸の点検内容は、目視を主体に点検することとされている。ブロックの隙間や変形箇所等からの雑草繁茂により目視点検が困難であることから、肩掛け式草刈機での除草作業が行われているが、効率的で安全に作業可能な除草機械の導入が求められている。

本稿では、石張護岸における除草作業の効率化と除草作業者の作業軽減、安全性の確保を目的に、石張護岸で活用可能な除草機械を現場導入するための検証試験結果を報告する。

キーワード：石張護岸、堤防除草作業、肩掛け式草刈機、除草機械、作業効率化

1. はじめに

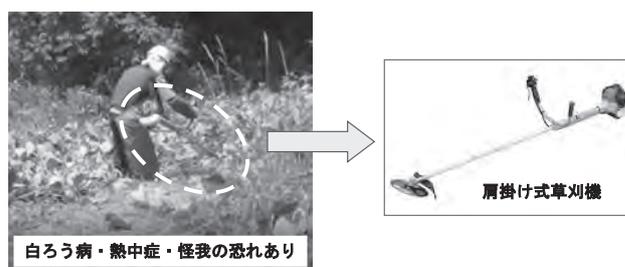
国土交通省が発刊している「堤防等河川管理施設及び河道の点検要領¹⁾」(以下、要領という)では、河川が所要の流下能力確保のために流下阻害となる樹木繁茂等について計画的に点検することとされている。要領に記載されている石張護岸(写真—1)の点検内容は、護岸構造の沈下・崩れ・欠損等の変形について目視を主体に点検することとされているが、ブロックの隙間や変形箇所等からの雑草繁茂により目視点検が困難であることから、肩掛け式草刈機(写真—2)での堤防除草作業が行われている。

石張護岸の堤防除草作業の問題点として、履帯式の除草機械は、石張法面上でスリップする危険があることから、肩掛け式草刈機による除草作業を実施しているが、肩掛け式草刈機の振動による白ろう病や、長時間の作業による熱中症の危険性が高い。

本検討では、石張護岸における堤防除草作業の効率化と除草作業者の作業軽減、安全性の確保を目的に、石張護岸で活用可能な除草機械を現場導入するため、河川事務所や除草機械国内販売店へのヒアリング調査と現場実証試験にて、適用可能な機種を選定及び選定した除草機械の有効性(施工量・施工単価)の検証と運用方法を検討した。本稿では、これら一連の検証結果について述べる。



写真—1 石張護岸 (左 除草前、右 除草後)



写真—2 肩掛け式草刈機による除草作業

2. ヒアリング調査

(1) 現場条件・導入条件

河川事務所へのヒアリング調査結果より、石張護岸で活用可能な除草機械を検討するうえで、表—1に示す現場条件と表—2に示す除草機械の導入条件を標準ケースとした。

(2) 除草機械

国内販売店へのヒアリング調査結果より、石張護岸の堤防除草作業において適用の可能性がある除草機械

を表一3に示す。Spider ProILD01（以下、ProILD01という）とSpider 2SGS（以下、2SGSという）は、ラジコン送信機による操作で除草作業を行い、360度方向転換可能である。また、写真一3に示すように

石張法面上での除草作業は、ProILD01及び2SGSに搭載されているウインチを2t以上のトラックに取り付けることによって、スリップすることなく作業が可能となる。

表一1 現場条件

石張構造	裏込めコンクリートのない空石張護岸
法長	4 m 程度
勾配	1 : 1.5 以上
小段	有り、幅 3 m 程度
草丈	50 cm 程度
天端	車の走行が可能な幅

表一2 除草機械の導入条件

①	不陸箇所でも除草作業が可能
②	勾配が1 : 1.5 以上でも除草作業が可能
③	小段での走行・除草作業が可能
④	草丈が高くても除草作業が可能 (50 cm 程度)
⑤	刈高 10 cm 以下での除草作業が可能
⑥	想定される施工量が5,000 ~ 6,000 m ² /日以上
⑦	除草機械の手配 (レンタル) が可能
⑧	日本での導入・使用台数が比較的多い除草機械
⑨	肩掛け式草刈機より、熱中症になりにくい、または作業員の負担が減る除草方法

3. 現場実証試験 I

(1) 試験概要

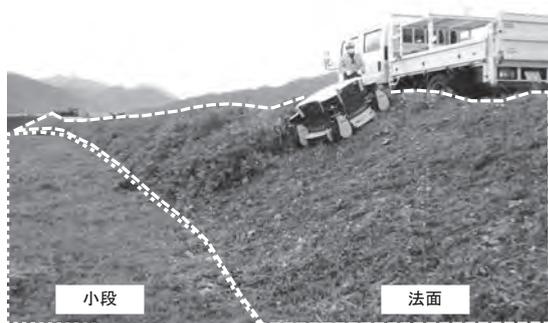
表一3で示したProILD01と2SGSを用いて、石張護岸における除草作業効率を検証するため、一級河川黒部川の小段のある石張護岸で現場実証試験を実施した。試験条件は、法面の除草作業はウインチを使用(写真一4)し、小段の除草作業はウインチを使用しない(写真一5)条件とした。



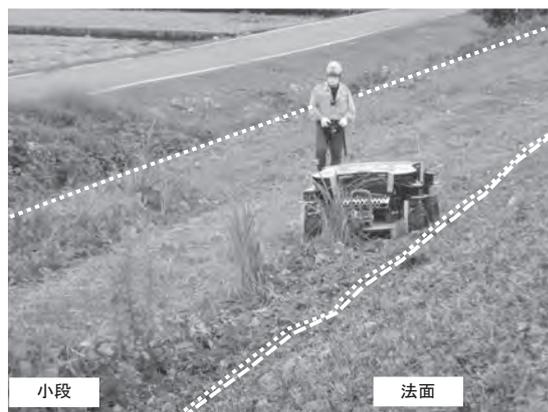
写真一3 除草機械ウインチ使用時

表一3 適用の可能性のある除草機械

種類/車両 型式/草刈装置		無線遠隔操作式	
		Spider ProILD01	Spider 2SGS
刈刃形状		ロータリーナイフモア	
写真			
寸法	全長 (mm)	1,200	1,640
	全幅 (mm)	1,356	1,430
	全高 (mm)	913	920
刈高 (mm)		60 ~ 110	90 ~ 140
最大除草角 (°)		40 (ウインチ使用時 55)	41 (ウインチ使用時 55)
施工量 ※参考値	1時間当たり (m ² /h)	3,000	7,000
	日当たり (m ² /日)	15,000	35,000
①	不陸箇所での除草作業	△ (不陸の大きさによる)	△ (不陸の大きさによる)
②	勾配 1 : 1.5 以上での除草作業	○	○
③	小段での走行・除草作業	○	○
④	草丈 50 cm 程度の場所での除草作業	○	○
⑤	刈高 10 cm 以下での除草作業	○	○
⑥	施工量 5,000 ~ 6,000 m ² /日以上	○	○
⑦	手配 (レンタル) の可否	○	○
⑧	日本での導入・使用台数が比較的多い	○	○
⑨	従来の除草方法と比較して条件が良い	○	○



写真—4 法面の除草作業 (ウインチあり)



写真—5 小段の除草作業 (ウインチなし)

(2) 施工量と施工単価

肩掛け式草刈機, ProILD01, 2SGS の施工量と施工単価の比較結果を表—4 に示す。ProILD01, 2SGS は肩掛け式草刈機よりも施工量, 施工単価ともに優位であることを確認した。

ProILD01 と 2SGS で比較した場合, 2SGS の方が刈幅は広いので, 施工量が多くなることが予想されたが, ProILD01 よりも少ない結果となった。これは, ProILD01

と 2SGS を操作するオペレータの違いによるオーバーラップの差である。この結果より, 後述する現場実証試験Ⅱでは, ProILD01 よりも刈り幅が広く, 施工量の確保が期待される 2SGS を使用した堤防除草作業の歩掛り調査を行い, 2SGS の有効性 (施工量・施工単価) の検証と運用方法を検討することとした。

4. 現場実証試験Ⅱ

(1) 試験概要

現場実証試験Ⅰの結果を踏まえ, 写真—6 に示す除草作業の歩掛り調査を級河川黒部川の左岸, 右岸の石張護岸で実施し, 2SGS の有効性 (施工量・施工単価) の検証と運用方法を検討した。

堤防除草作業の使用機械と作業員は以下に示す条件で実施し, 対象箇所は, 図—1 に示す法面と法尻とした。

【使用機械】

- ・ 2SGS : 3 台
- ・ 2t 以上のトラック : 3 台

【作業員】

- ・ 普通作業員 (ラジコン操作) : 3 名
- ・ 運転手 (一般) : 3 名
- ・ 普通作業員 (誘導員) : 3 名
- ・ 特殊作業員 (肩掛け式) : 必要数 ※刈残し箇所の補助刈り

(2) 歩掛り調査

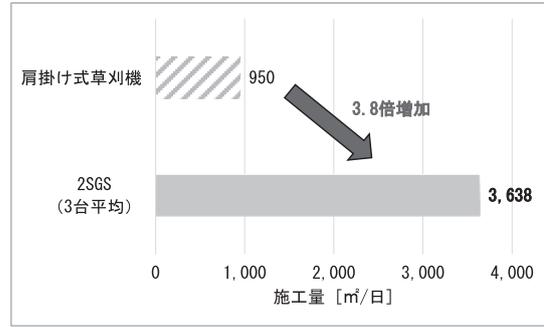
歩掛り調査結果を表—5 に示す。3 台の 2SGS の施工量と施工単価の平均を算出した結果, 1 日当たりの施工量は 3,638 m² となり, 施工単価は 33 円となった。

表—4 施工量と施工単価の比較

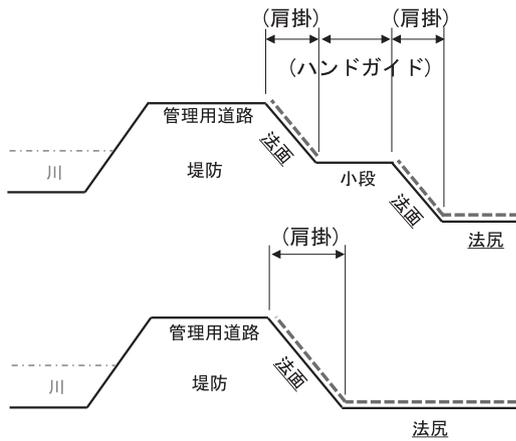
草刈装置	肩掛け式草刈機	ProILD01		2SGS	
写真					
除草試験場所	—	法面	小段	法面	小段
1h 当たりの施工量 (m ² /h)	190 ※参考値	934	2,324	830	1,940
1 日当たりの施工量 ※5 時間	950 ※参考値	4,670	11,620	4,150	9,700
施工単価 (円/m ²)	43 ※参考値	20	8	28	12
適用場所	法面, 小段 (熱中症の危険性あり)	法面, 小段		法面, 小段	



写真一六 堤防除草作業



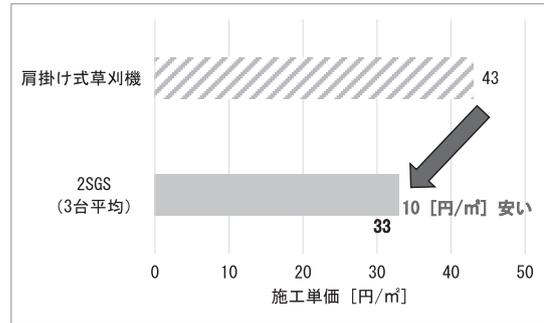
図一 2 1日当たり施工量



----- 2SGSにて試験施工を行う

※ 括弧書き：従来の除草方法

図一 1 除草作業対象箇所



図一 3 施工単価

表一 5 歩掛り調査結果

除草機械		2SGS	2SGS	2SGS	平均
		①	②	③	
稼働日数 [日]		19	20	10	
作業時間	総作業時間 [h]	114.5	125	65	
	1日当たり [h]	6.0	6.3	6.5	
施工量	総施工量 [m²]	68,826	68,514	38,673	
	1日当たり [m²/日]	3,622	3,426	3,867	3,638
	1時間当たり [m²/h]	601	548	595	581
費用 [円/日]		120,558	120,558	120,558	
施工単価 [円/m²]		33	35	31	33

(3) 施工量と施工単価

図一 2 に肩掛け式草刈機と 2SGS の 1 日当たりの施工量を比較した結果を示し、図一 3 に施工単価を比較した結果を示す。2SGS の施工量は 3,638 m²/日となり、肩掛け式草刈機の 950 m²/日に対し、約 3.8 倍の作業効率の向上効果があった。なお、施工単価は肩掛け式草刈機よりも 10 円/m² 安くなることから、2SGS は肩掛け式草刈機よりも費用対効果が高いことが確認された。

(4) メリット・デメリット

石張護岸の法面で肩掛け式草刈機による除草作業は転倒等の危険があるが、2SGS は除草作業を行いながら法面を歩く必要がないため、作業中の安全性が高い。

また、肩掛け式草刈機は白ろう病の危険性があるため、連続して除草作業を行うことができないが、2SGS は連続作業が可能であり作業性が向上することを確認した。

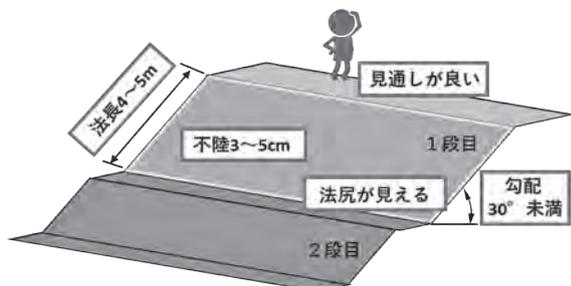
しかし、雨天時や法面が湿潤している状態での除草作業は、2SGS の内部に雨水が浸水し、故障するため、雨天時及び雨天後の使用はできない。また、管理用道路上にある 2t 以上のトラックにウインチを取り付け、トラックと並走しながら除草作業を行うため、交通量の多い場所や見通しの悪い場所では、車との接触の危険性が高く、作業ができないことを確認した。

5. 運用方法

現場実証試験 II の結果を踏まえ、2SGS を使用した堤防除草作業を行うにあたり、図一 4 に推奨する現場条件、図一 5 に肩掛け式草刈機より効率が良い現場条件を示し、写真一 7 に班編制を示す。なお、肩掛け式草刈機より効率が良い現場条件とは、肩掛け式草刈機より 2SGS の 1 日当たりの施工量が高く、施工単価が安くなる現場の最低条件を指す。

【推奨する現場条件】

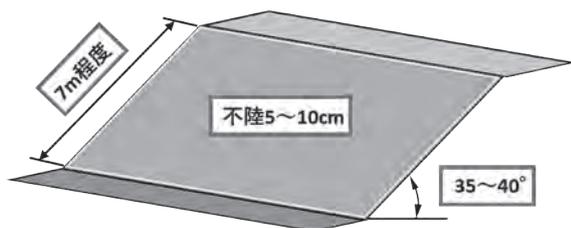
- ・勾配が緩い (30°未満)
- ・見通しが良い (法長4～5m程度)
- ・不陸3～5cm程度
- ・管理用道路から法尻が確認できる1段目の法面



図一4 推奨する現場条件

【肩掛け式草刈機より効率が良い現場条件】

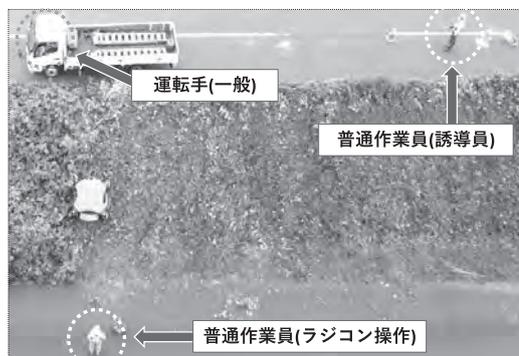
- ・勾配が大きい (35～40°程度)
- ・法長が長い (7m程度)
- ・不陸が5～10cm程度



図一5 肩掛け式草刈機より効率が良い現場条件

【班編制】

- ・普通作業員 (ラジコン操作) : 1名
- ・運転手 (一般) : 1名
- ・普通作業員 (誘導員) : 1名



写真一7 班編成

6. おわりに

本稿では、石張護岸で活用可能な除草機械を現場導入するため、2SGSの歩掛け調査を実施し、有効性の確認と運用方法を検討した。

最後に、本検討の実施にあたり、業務の発注者である国土交通省北陸地方整備局北陸技術事務所の関係各位へ、あらためて感謝の意を表します。

J C M A

【筆者紹介】



宇田 陽亮 (うだ ようすけ)
 (一社) 日本建設機械施工協会
 施工技術総合研究所 研究第三部
 主任研究員



井野 歩惟 (いの あい)
 (一社) 日本建設機械施工協会
 施工技術総合研究所 研究第三部
 技術員

新工法紹介 機関誌編集委員会

02-154	二重鋼管とコンクリートで構成された基礎 SC 工法「KSCP 工法®」	熊谷組
--------	-------------------------------------	-----

▶ 概要

建築構造物の基礎梁は、上部構造が鉄骨造（S造）、鉄筋コンクリート造（RC造）にかかわらず通常RC造としているが、昨今、基礎梁をS造として工期の短縮を図る計画が増加している。しかし、基礎梁をS造としても杭との接合部である基礎フーチング（パイルキャップ）は主にRC造であり、鉄筋工事及び型枠工事を必要とする。また、パイルキャップ部分は杭頭補強筋、基礎梁配筋、基礎配筋が重なるため配筋が複雑になり、干渉を避けるための事前検討や施工で時間を要しており、基礎梁をS造とすることで現場作業の省力化のメリットが十分に生かされていない。

そこで当社は、基礎梁を鉄骨造とした場合に、杭基礎のパイルキャップを鋼コンクリート造（SC造）とすることにより、現場での型枠、鉄筋工事を省略して施工の合理化と生産性の向上とともに、パイルキャップのスリム化が図れるKSCP工法®（Kumagai Steel Concrete Pile cap 工法）を考案した（図-1）。

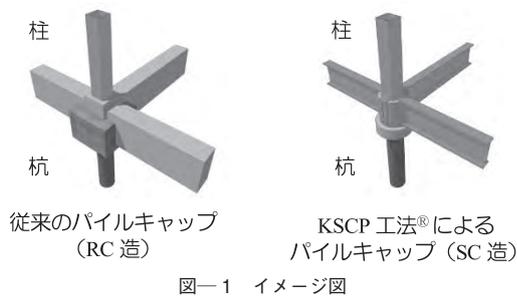


図-1 イメージ図

KSCP工法®におけるパイルキャップは鉄骨基礎梁と一体化する内鋼管と杭頭および内鋼管の外側に設置する外鋼管の2つの鋼管により構成されているのが特徴となっており、これら鋼管内をコンクリートで充填することにより、杭-パイルキャップ-基礎梁の一体化を図るシステムとしている。

▶ 特徴

本工法の詳細図を図-2に示す。内鋼管は鉄骨基礎梁と溶接することにより、RC柱S梁混合構造の柱梁仕口部のように、パイルキャップの鋼コンクリートの応力を鉄骨基礎梁に伝達する役割を果たす。また、内鋼管は工場加工により、基礎梁、柱およびふさぎ板と一体化して現場に搬入することができる。

施工手順は、杭施工および地業後、現場で杭心に合わせて外鋼管を設置し、内鋼管下端まで一次コンクリートを打設する。

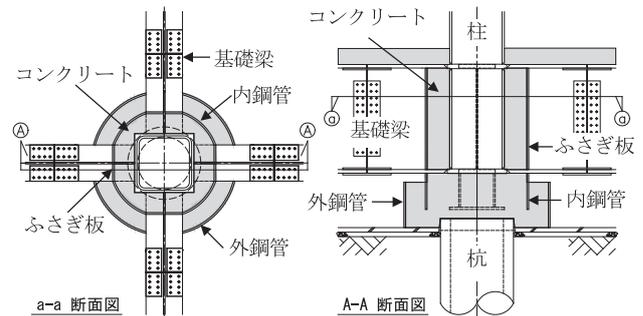


図-2 詳細図

その後、柱と一体化している内鋼管を通り心に合わせて設置すると同時に0節（基礎鉄骨）の建て方施工を行うことができる。その後、二次コンクリート打設前に基礎梁を接合し、場合によっては引続き上層の建方を進めてもよい。二次コンクリートの打設は、任意の時期に行うことができる。

一次コンクリートは内鋼管設置時のレベル調整を兼ねており、0節の建て方を容易にする。また、外鋼管は施工した杭の杭心に、内鋼管は柱心に合わせて設置し、外鋼管と内鋼管を偏心させることで、杭の施工時偏心に追従することができる（図-3）。

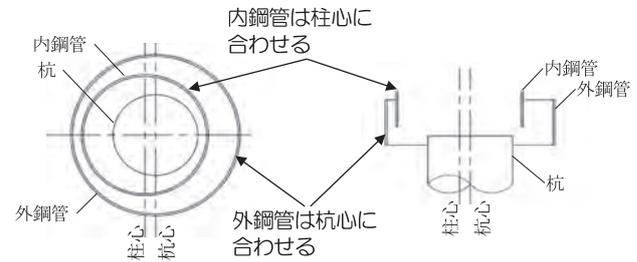


図-3 施工時偏心の処理

▶ おわりに

就労人口の減少や高齢化、コスト縮減、工期短縮要請等多様な社会変化に対応すべく、今後もより合理的な設計、施工を目指し、物流施設をはじめとした様々な建物への適用を積極的に行っている。

▶ 用途

- ・基礎梁を鉄骨造とした場合の杭基礎フーチング

▶ 実績

- ・加古川平岡町NKビル新築工事
他施工中案件2件

▶ 問合せ先

㈱熊谷組 建築事業本部 建築技術統括部 建築構造技術部

〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1

TEL：03-3235-8722

04-450	帯電ミストを用いた粉じん除去工法	戸田建設 マシノ 有光工業
--------	------------------	---------------------

▶ 概 要

トンネル工事などの建設工事現場では、施工時に大量の粉じんが発生する場合があります。トンネル工事における坑内環境を改善し、作業員の健康を守るため、粉じん除去に関する技術は重要である。また、令和3年4月に厚生労働省「ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン」が改正され、粉じん濃度目標レベルが 3 mg/m^3 から 2 mg/m^3 に引き下げられている。

粉じんの粒子は電荷を帯びており、正または負のどちらかに帯電するかはその発生源の物性によって決まることが分かっている。本工法は、粉じんと逆の電荷を帯びさせたミスト（以下、帯電ミスト）を噴霧することにより、帯電ミストと粉じんがクーロン力により吸着・凝集し、落下することで粉じんを除去できる技術である（図一1）。これにより、電荷を帯びていないミスト（以下、通常ミスト）を噴霧するよりも効率的に粉じんを除去することが可能となる。

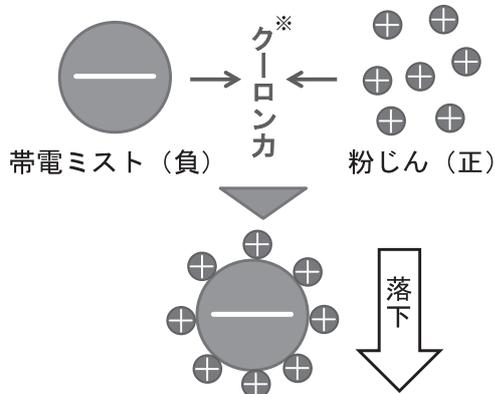
例えば、トンネル切羽付近で帯電ミストを噴霧し粉じん濃度を低下させることや、坑口で帯電ミストを噴霧し施工範囲外への粉じん飛散を抑制させることができる。

また、覆工コンクリート養生架台に180°回転するノズルを搭載することで、坑内の粉じん除去と同時に覆工コンクリートの湿潤養生が可能となる（E-WALK ミスト[®]、図一2、3）。

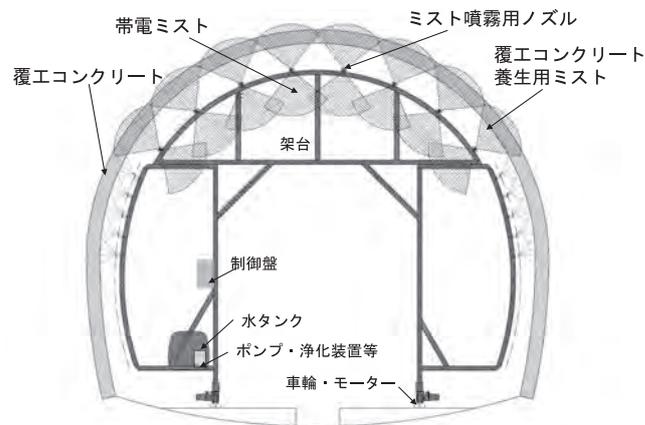
▶ 特 徴

①作業環境の向上

帯電ミストを噴霧することにより、通常ミストと比較して、



図一1 帯電ミストによる粉じん除去のメカニズム
※クーロン力:帯電した物体に働く力。異なる極性の静電気は引き付けあう。



図一2 E-WALK ミスト[®]設備概要



図一3 E-WALK ミスト[®]設置状況

約1.5倍の粉じん除去効果が期待できる。これにより、作業員の作業環境・安全衛生水準を向上できる。

②覆工コンクリートの品質向上

トンネル覆工コンクリート養生架台に帯電ミストを搭載することにより、覆工コンクリートの養生と粉じん除去を同時に行うことが可能となる。これにより、覆工コンクリート表面の湿潤状態を確保し、乾燥によるひび割れ発生を抑制することができる。

▶ 用 途

- ・トンネル工事
- ・粉じんが発生する工事

▶ 実 績

- ・鉄道トンネル工事
- ・山岳トンネル工事

▶ 問 合 せ 先

戸田建設(株) 技術研究所 社会基盤再生部
〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-9-1 RBM 東八重洲ビル 6階
TEL : 03-3535-2641

新工法紹介

04-451	出来形・監視 UGV	大林組
--------	------------	-----

概要

近年、建設業ではデジタルトランスフォーメーション（DX）の動きにより、様々な工種において自動化、遠隔化が盛んになっている。当社でも、山岳トンネルの安全、品質と生産性を飛躍的に向上させる統合システム OTISM（Obayashi Tunnel Integrated System）[®] に取り組んでいる。トンネル掘削作業で、発生する災害の多くは、切羽崩落災害、狭隘区間による重機との挟まれである。従来、切羽掘削完了や吹付け完了は、人が切羽に近づき目視で設計断面を確保できているかどうか、数m手前からの仕上がり断面と比較して判断している。この作業は、人が切羽に近づくことで切羽崩壊災害、同時に重機にも近づくので接触災害が懸念される。また、人の目視での判断のため定量的でないことから、再度、ブレーカーやアタリ発破などすることもある。

そこで、切羽から人を離すことを目的として、人の目をカメラ、人の判断に必要な位置感覚をスキャナーにそれぞれ替え遠隔操作で掘削面・吹付けコンクリート面の計測が可能な出来形・監視 UGV を開発した。

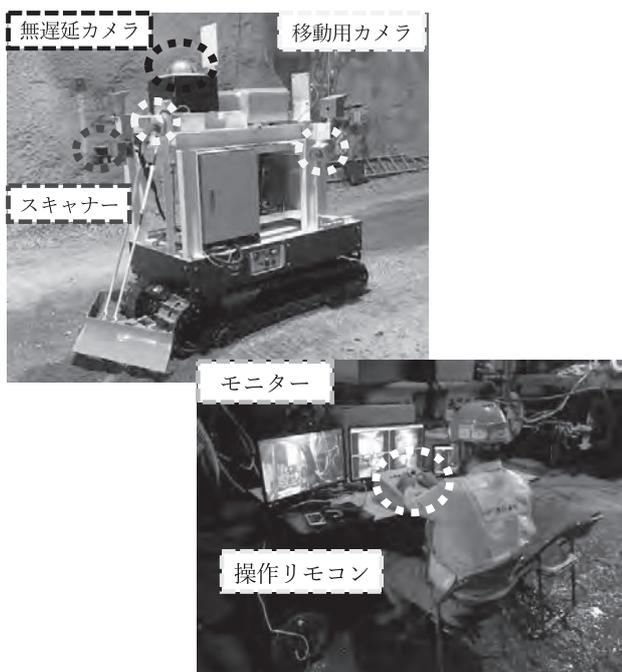


写真1 出来形・監視 UGV および操作状況

特徴

①スキャナーによる出来形測定

UGV が切羽や重機に近づき、搭載したスキャナーで、掘削や吹付けコンクリートの出来形を測定する。スキャナーは、3次元絶対座標での測定が可能であり、設計断面との比較や吹付けコンクリート厚を即座に算出できる。これにより、高精度な出来形管理が可能である。

②カメラによる切羽監視

切羽監視用に、無遅延カメラを搭載している。職員および安全監視員の目のかわりとして、遠隔で切羽状況をリアルタイムで見ることができる。これにより、切羽作業の安全性が飛躍的に向上する。

遠隔臨場や AI による切羽評価、崩落検知システムにも適用できる。また、遠隔吹付け作業にも利用でき、スキャナーによる測定と併用することで、吹付け不足箇所をスキャナー画面上のコンター表示で確認できる。

③遠隔操作方式 UGV

UGV（縦 1.2 m、横 1.0 m、高さ 1.5 m）は、前後左右に 4 台の移動用カメラを搭載し、映像を無線 LAN により伝送することで、400 m 程度離れた場所まで、遠隔操作が可能になる。また、湧水箇所、小岩塊や路盤の悪い場所でも走行できるように改良した。このため、人が切羽や重機に近づかず、出来形測定や作業状況の監視が可能となり、安全性が向上する。

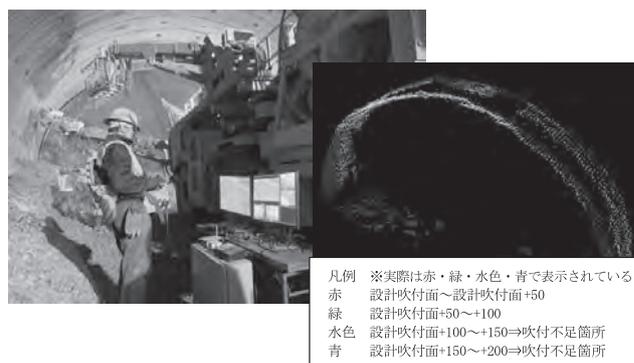


写真2 遠隔吹付け状況および測定結果

用途

- ・山岳トンネルの掘削工事

実績

- ・山岳トンネルの掘削・吹付け（一部区間で試験導入）

問合せ先

(株)大林組 コーポレート・コミュニケーション室

〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2

TEL：03-5769-1014

凡例 ※実際は赤・緑・水色・青で表示されている
 赤 設計吹付面～設計吹付面+50
 緑 設計吹付面+50～+100
 水色 設計吹付面+100～+150⇒吹付不足箇所
 青 設計吹付面+150～+200⇒吹付不足箇所

04-499	AI 切羽画像評価システム	安藤・間
--------	---------------	------

▶ 概 要

安藤ハザマは、ICT により山岳トンネル工事の生産性を大幅に高める取り組みとして、山岳トンネル統合型掘削管理システム (i-NATM[®]) の開発を推進している。その一環で、トンネル切羽の地質を AI・センシング等の手法を用いて評価する技術の開発を進めてきたが、このたび携帯端末を用いた山岳トンネルの切羽評価の全 11 項目を AI が切羽画像から評価する「AI 切羽画像評価システム」を開発した。2021 年 10 月から実現場での試行を開始し、地質技術者と同等以上の精度で切羽の地質を評価できることを確認した。

▶ 特 徴

①概要

本システムは山岳トンネルで実施している切羽観察シートの作成を自動化するものである。撮影した切羽画像から、切羽地質評価の全 11 項目を AI が画像から自動で評価する。さらに評価結果から切羽評価点を自動で算出し、切羽観察シートを自動で出力する (図-1)。

カメラ搭載の携帯端末であれば、OS や機種を問わずシステムの利用が可能である。端末を用いて撮影から切羽評価、切羽観察シートの出力までの一連の作業を、切羽から離れず数分で行うことができる。

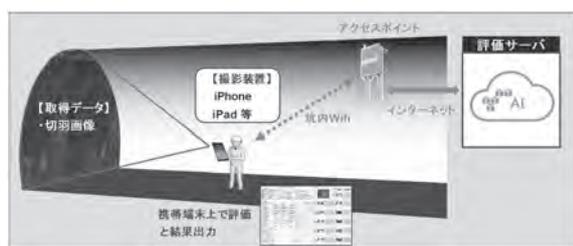


図-1 「AI 切羽画像評価システム」の運用イメージ

②評価手法

デジタルカメラやスマートフォン、タブレットといった汎用のカメラ付き携帯端末で取得した画像を評価材料とする。インターネットを経由して取得した画像をサーバ上にアップロードし、サーバ上で切羽の評価を行う (図-2)。評価プログラムには岩種別に 10 種類の AI 評価モデルが搭載されており、現場に応じた岩種を選ぶことで最適な評価が可能となる。切羽評価の結果は、各発注者の様式に準拠した帳票出力が可能である。



図-2 携帯端末上のシステム評価画面イメージ

各評価項目の区分に加えて、切羽上の評価分布がヒートマップとして表示される。

③評価の精度

AI 評価モデルを作成した主要な 10 種類の岩種について、評価精度の検証を行った。精度の指標には統計解析において精度を測る指標の一つである f-1 Score を用いた。システムの評価結果を地質技術者の目視評価結果と比較した場合、全項目で 0.7 以上、最も高い項目では約 0.9 の精度で評価できることを確認した (図-3)。システムが評価した支保パターンと実績の支保パターンは全て一致しており、支保パターン選定の評価精度は 100% であった。本システムは AI 評価モデルを更新する機能も搭載しているため、導入現場の地質状況に応じて、AI 評価モデルを最適化できる。

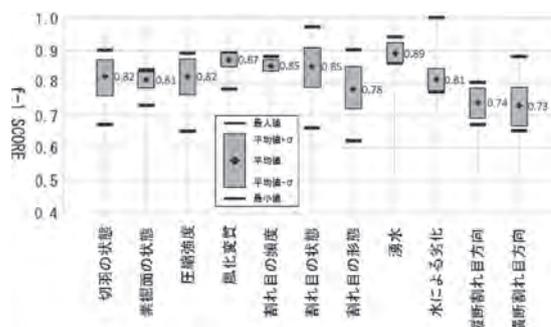


図-3 AI 評価モデルの評価精度 (花崗岩モデルの例)

▶ 用 途

・ NATM による山岳トンネル工事

▶ 実 績

・ 国道 13 号横堀トンネル工事 (NATM, トンネル延長 684 m)

▶ 問 合 せ 先

(株)安藤・間 土木技術統括部 土木設計部
〒105-7360 東京都港区東新橋 1-9-1
TEL : 03-3575-6001

新工法紹介

05-73	高圧噴射併用機械攪拌工法 N. ロールコラム工法	日特建設 日本基礎技術
-------	-----------------------------	----------------

▶ 概要

地盤改良工法の一つである機械攪拌工法は、軟弱地盤の補強や止水性の向上を目的として、地盤とセメント等の硬化材を攪拌翼を回転させながら攪拌混合し柱状の改良体を造成する工法である。その改良径は、回転させる攪拌翼の長さによって決まり、それ以上に大きくはならない。そのため、既設の土留め壁等の構造物と改良体との付着を必要とする改良はできない。また、改良体同士のラップが大きく必要となる改良（例えば改良率100%となるような改良）も、先に造成した改良体を切削破壊しながら改良する必要があるため困難である。そのようなケースでは、一般的には高圧噴射攪拌工法が適用されるが、施工費が高価であることに加え、セメント混りの排泥が多量に排出されるといったデメリットを抱えている。

「N. ロールコラム工法」は、それらを解決するべく、「機械攪拌工法」と、「高圧噴射攪拌工法」を組み合わせた技術として、日特建設と日本基礎技術が共同で開発した工法である。

以下に、本工法の適用範囲を示す。

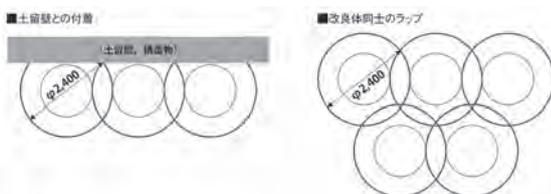
- ・標準改良径 ϕ 2,400 mm
- ・標準適用土質 砂質土 $N \leq 15$, 粘性土 $N \leq 4$
- ・適用最大深度 GL-20 m

▶ 特徴

写真—1 に示すように攪拌翼先端から、超高圧の硬化材を噴



写真—1 水噴射テスト状況



図—1 N. ロールコラム工法 配孔イメージ図

射させることにより、大径の改良体を短時間で造成するとともに、従来の機械攪拌工法ではできなかった、既設構造物と改良体の付着や改良体同士のラップ改良を可能としている（図—1）。

同径の高圧噴射攪拌工法に比べて、施工速度が速く工期短縮が図れるほか、排出される排泥量も減少しているため、環境保全の観点においてもCO₂の削減や産業廃棄物の減少を実現しており、施工費用も抑えることが可能となっている。

本工法では、写真—2 に示すような小型の施工機械を使用しているため高い機動性を有しており、大型の施工機械の場合に必要な施工基盤の地耐力増強対策（表層改良等）が不要である。また、この施工機械は、一般的な柱状体を造成する機械攪拌工法で使用しているものであり、N. ロールコラム工法仕様への換装は、特殊攪拌翼、特殊ロッドおよびスィベルの交換のみで、現場で容易に可能である。セメントスラリープラントも、一部の機械の入れ替えのみで対応することが可能となっている。このため本工法は一般的な柱状改良工法に併用して用いるような条件の現場において、絶大な効果が得られる。



写真—2 N. ロールコラム工法施工機械

▶ 用途

- ・軟弱地盤の強度増加を目的とした地盤改良工法

▶ 実績

- ・民間施設建設工事 1件

▶ 問合せ先

日特建設(株) 技術開発本部

〒103-0004 東京都中央区東日本橋 3-10-6

TEL : 03-5645-5110

日本基礎技術(株) 技術本部

〒151-0072 東京都渋谷区幡ヶ谷 1-1-12

TEL : 03-5365-2500

▶ 〈02〉 掘削機械

22-〈02〉-04	コマツ <オフロード法 2014 年基準適合> 大型油圧ショベル PC950-11	'22.7 発売 新機種
------------	----------------------------------------------------	-----------------

当該機は、主に碎石現場で活躍している従来機 PC850-8E0 の 12 年ぶりのフルモデルチェンジ機。今回のモデルチェンジでは^{※1}、2014 年基準に適合するとともに、従来機に対し、機械質量・出力・バケット容量などを一回り大きくし機種名も刷新している。

また、作業量向上と燃費改善の両立を実現し、新型エンジンの採用によるエンジン出力アップにより、作業量が 48%^{※2} 向上しているほか、新型エンジン搭載と油圧制御システムの最適化により、燃費効率も 40%^{※3} 改善した。さらに、作業機や足回りをはじめとした主要部位の耐久性を一層強化することでお客様の現場での機械稼働率の向上を可能にしている。

そのほか、作業現場におけるオペレーターの安全で快適な作業のサポートとして、KomVision（機械周囲カメラシステム）の搭載や標準装備品の拡充を図りつつ、安全で容易なメンテナンスのためにエンジン前整備通路（センターウォーク）と車体右のキャットウォークを新たに標準装備している。

- ※1 通称、オフロード法という
- ※2 従来機、PC850-8E0 の P モード（パワーモード）と PC950-11 の P+モード（パワープラスモード）での比較
- ※3 従来機、PC850-8E0 の P モード（パワーモード）に対して PC950-11 の全てのモード（P+モード：パワープラスモード、P モード：パワーモード、E モード：エコノミーモード）で 40%改善



写真一 大型油圧ショベル「PC950-11」

表一-1 主な仕様

項目	単位	PC950-11
運転質量/機体質量	kg	94,100/70,000
エンジン定格出力 ネット (JIS D0006-1) ^{※4}	kW/min ⁻¹ [PS/rpm]	401/1,800 [545/1,800]
バケット容量	m ³	4.0
バケット幅 (サイドシュラウド/サイドリップ)	m	1,970/2,205
全長	m	14,745
全幅	m	4,580
全高	m	5,065
後端旋回半径	m	4,695

※4 冷却ファン最低回転速度時の値

問合せ先：コマツ サステナビリティ推進本部
 コーポレートコミュニケーション部
 〒107-8414 東京都港区赤坂 2-3-6

▶ 〈04〉 運搬機械

22-〈04〉-01	諸岡 MST110C MST-2200VD- VI B	'22.11 発売 新機種
------------	-----------------------------------	------------------

MST110C は MST-2200VD、(11 t 積載) の後継機として開発された機械であり。オフロード法 2014 年規制に適合し更に EU(ヨーロッパ) Stage5 に適合したエンジンを搭載した不整地運搬車である。

MST110C は、ジョイスティック式の走行レバーを採用することにより、走行操作は左手のみで行えるようになり従来機より操作時のオペレータの運転姿勢も改善されオペレータの負荷の軽減に繋がっている。

またアイドリング状態が一定時間続いた際にエンジン回転数を自動で下げる「オートデセル機能」を搭載することにより、燃費を抑え CO₂ 排出の低減と共に騒音の抑制も行っている。

キャabin はオペレータを保護を目的とする ROPS（転倒時保護構造）と FOPS（落下物保護構造）に対応し、つつ従来機に比べ視界の向上が図られている。

荷台は耐摩耗鋼板 HARDOX[®] IN MY BODY を使用し、耐久性を向上させ、長期使用にも耐える荷台となっており、ランニングコストの低減を図っている。

新機種紹介

表—2 MST110C の主な仕様

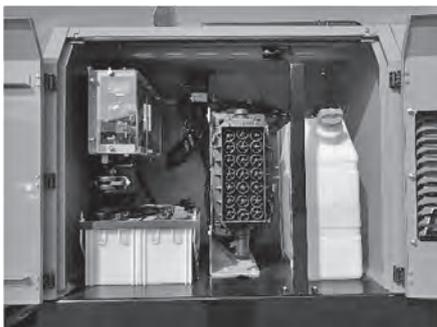
運転質量〔運転者 75 kg 含む〕	(kg)	14,200
最大積載量	(kg)	11,000
エンジン定格出力	(kW/min ⁻¹)	186 / 2,000
走行速度〔高速〕	(km/h)	10.5
走行速度〔低速〕	(km/h)	7.5
接地圧〔空車時〕	(kPa)	33.5
接地圧〔積車時〕	(kPa)	59.5
全長	(mm)	6,420
全幅〔通常時〕	(mm)	3,540
全高〔通常時〕	(mm)	3,160
価格〔定価〕	(百万円)	28.6

エアクリーナやヒューズ、DEF タンク等の主要な点検部品は、車両右側のカバー内に配置され、メンテナンス性を大幅に向上させている（写真—3）。

駐車ブレーキが ON でないとエンジン始動ができない設計となっており、安全ロックレバーがロックされていない状態では走行レバー操作が無効になり、意図しない動作による事故を防止する安全設計となっている。



写真—2 諸岡 MST110C



写真—3 諸岡 MST110C（車両右側のカバー内）

問合せ先：(株)諸岡

〒301-0031 茨城県龍ヶ崎市庄兵衛新田町 358

TEL：0297-66-2111

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

23-〈16〉-01	クローラ式屈伸ブーム型高所作業車 “NUL 7シリーズ” NUL07-7, NUL09-7, NUL12-7	長野工業 '23.1～5 順次 新機種
------------	--------------------------------------------------------------	---------------------------

概要

長野工業(株)は、新しい設計基準を盛り込んだ高所作業車“7シリーズ”の発売を順次開始する。

“7シリーズ”は、新設計基準「構造物・積載物に作用する風の影響」「搭乗者が作業する時の押し引きの影響」「ブームが上下する時の慣性力の影響」「10 cm の段差を乗り越えても転倒しない」という観点から安心・安全を追及した新仕様である。

これにより“7シリーズ”は従来機に比べ、安全性の向上をはかった。

発売は以下の通りになる。

- ・ NUL07-7（7 m 屈伸ブーム型） 令和 5 年 1 月
- ・ NUL09-7（9 m 屈伸ブーム型） 令和 5 年 2 月
- ・ NUL12-7（12 m 屈伸ブーム型） 令和 5 年 5 月



写真—4 長野工業 9m クローラ式屈伸ブーム型高所作業車「NUL09-7」

主な特長

1. 安全性が大幅に向上

- ・ 従来機と比べて安定度が格段にアップしたので許容傾斜角度（メーカーが水平とみなす角度）を 3 度から 5 度にすることができた。

2. 自動的に規制を掛け事故を防ぐ「安全アシスト機能」搭載

(1) 路面傾斜時動作規制

- ・ 走行停止規制の範囲が追加設定された（「NUL07-7」）。
- ・ 過荷重検知装置を標準装備した（「NUL12-7」）。
- ・ 5 度以上傾斜した場合に安全方向にしか動かない。

3. トラブル時の判断を補助する「便利機能」搭載

(1) 表示パネル

- ・ 規制の状態（走行規制やブーム操作規制）を分かりやすく表示する。

新機種紹介

(2) 動作ログ

- ・規制や操作の履歴が確認可能である。

※「安全アシスト機能」と「便利機能」はすべての機種に付く訳ではない。機種毎にご確認ください。

表-3 NUL7シリーズの主な仕様

機種名	NUL07-7	NUL09-7	NUL12-7
車体	クローラ	クローラ	クローラ
ブームタイプ	屈伸+直伸(2段)	屈伸+直伸(2段)	屈伸+直伸(2段)
作業床最大地上高	6.8 m	9.0 m	12.1 m
最大作業半径	4.5 m	6.5 m	6.4 m
積載荷重	150 kg	200 kg	200 kg
輸送寸法 (格納姿勢)	全長	4,080 mm	5,250 mm
	全幅	1,650 mm	1,980 mm
	高さ	1,995 mm	2,250 mm
車輻重量	2,620 kg	4,750 kg	5,150 kg
平均接地圧	39 kPa	42 kPa	36 kPa
許容路面傾斜	5 度	5 度	5 度
走行速度	1.1/2.2 (km/h)	0.7/1.3 (km/h)	0.7/1.3 (km/h)
登坂能力(格納姿勢)	36% (20度)	36% (20度)	36% (20度)

・足回りはグレイゴムクローラが標準。鉄履帯、ゴムパッドはオプションになります。(「NUL07-7」はグレイゴムクローラのみ)

問合せ先：長野工業(株) 営業部

TEL：026-273-1333 FAX：026-273-1423

URL：http://www.nagano-ijp

▶ 〈19〉 建設ロボット、情報化機器、タイヤ、ワイヤロープ、検査機器等

22-〈19〉-01	ライカジオシステムズ イメージングトータルステーション を使用した遠隔測量	'22.2.1 応用製品
------------	---------------------------------------------	-----------------

遠隔測量とは、測量技術者が直接現場に行くことなく、離れた場所から測量器をインターネットを介して操作し、測量作業を実施する事が可能となる技術である。

従来の測量作業では、測量機器の操作ができる測量技術者と測量補助者が現場に行き作業を行わなければならない。ワンマン測量においても補助者は必要なくなるが、測量技術者が現場に行かなければならない事は同様である。

今回紹介する遠隔測量の技術は、測量技術者が直接現場に行くことなく、離れた場所から測量機をインターネット経由で操作し、測量作業を実施する事が可能となる。現場では測量補助者が機器を設置し、遠隔測量終了後に機器を撤去するだけとなる。

画像処理付き TS (Leica MS60, Leica TS16I など、以下イメージング TS とする) と画像処理付きフィールド・コントローラー Leica CS30 (以下 CS30 とする) を作業現場に設置し、CS30 でイメージング TS を制御すると TS のビデオデータが CS30 に表示される。

この状態から CS30 を直接現場で操作し、設置を行う (写真-5)。動作確認後、遠隔地にいる測量技術者が、インターネット回線を経由して CS30 にアクセスし、現場画像を見ながら観測ポイントに機械を向けて、測量作業を行う。遠隔地において PC 上に表示される CS30 の画面を使用して実際の現場にいるかの様に測量作業を行う事が可能になる (写真-6)。

この技術を使用する事により、出来高、出来形管理等を一人の技術者が、複数の現場測量管理を遠隔で行う事もできる為、技術者不足の解決にもつながる。また、測量完了後、直ぐにそのデータを使い計算作業を実施できるため、成果作成や設計変更等の作業において、早急に対応できる事から作業効率の向上につながる。



写真-5 イメージング TS Leica MS60 とフィールド・コントローラー CS30
写真-6 ライカジオシステムズ(株)オフィス PC 画面

表-4 従来方法との作業比較

	新技術	従来技術
工法概要	本技術は測量に関する技術である。測量作業は施工現場では作業員として技術者と補助員が必要であったが、この技術を使用すると技術者は施工現場にいらなくても異なる場所から測量機の操作ができるために遠隔作業が可能となり、省人化が図れる。	現場には測量技術者と補助者の2名以上が作業を行う。測量技術者は現場でトータルステーションを操作する。
概略図		
経済性	116,900 円 /1,500 m ²	157,200 円 /1,500 m ²
工程・工期	2.5 日 /1,500 m ²	3 日 /1,500 m ²
現場条件	インターネットアクセスが可能	—
設計条件	特になし	—
安全性	現場に赴く頻度が減少し危険リスクを低減できる。	現場に測量技師が赴く必要がある。
施工性	従来技術と比較して、現場作業の省人化ができる。	現場に測量技師と測量技師補が赴く必要がある。
技術のメリット	離れたところからインターネットを使用して測量作業ができる。	—
NETIS番号	QS-220024-A	—
備考	(注) 従来方法と比較し、イメージング TS のスキャニング機能を使用した作業方法の違いと、遠隔測量との組み合わせによるトータルの人件費及び作業時間から積算したものである。	

新機種紹介

問合せ先：ライカジオシステムズ㈱
 ヘビーコンストラクション事業部
 〒 108-0073 東京都港区三田 1-3-28
 TEL：03-6809-3901

22-(19)-04	水中硬岩掘削用アタッチメント 「T-A Slot Driller (ティー・エー・ス ロットドリラー)」、 「T-A Rock Splitter (ティー・エー・ ロックスプリッター)」	23.1 プレス発表
------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------

T-A Slot Driller 及び T-A Rock Splitter は遠隔操縦式水中作業「T-iROBO UW」に装着し、従来の油圧ブレーカ掘削では施工が困難であった硬岩に対して、陸上作業でも採用されている割岩工法を、水中においても掘削作業に対応できるよう開発された(図-1)アタッチメントである。

割岩工法による水中での硬岩掘削(図-2)では、①岩盤の掘削境界に連孔スロットを穿孔しテ縁切後、自由面を形成する。次に②岩盤に油圧パッカーを挿入するための割岩孔を穿孔し、③油圧パッカー挿入後にくさびを圧入し岩盤を押し広げ、自由面に向かって亀裂を発生させる。④亀裂が生じた岩盤を油圧ブレーカで二次破碎する。この T-A Slot Driller と T-A Rock Splitter のアタッチメントにより困難であった高岩掘削を可能とした(図-3)。



図-1 T-iROBO UW による作業状況

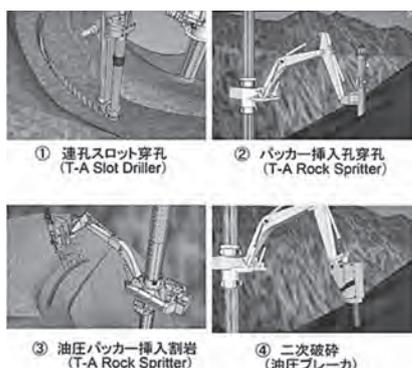


図-2 水中での硬岩掘削フロー

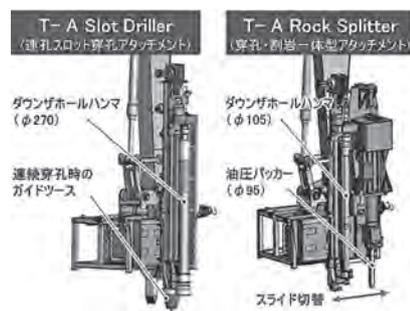


図-3 水中硬岩掘削用アタッチメント (2機種)

T-A Slot Driller は、岩盤穿孔用のダウンザホールハンマ(φ270 mm)と孔間隔を保持するためのガイドツースを搭載したアタッチメントであり(写真-10)、ガイドツースの先端は円錐状になっている為、穿孔の際に多少のズレが生じてもガイドツースにより既設孔の中心に誘導され、一定の孔間隔で隣接孔を穿孔できる。このため連孔スロットの隣接孔間隔を240 mmとし、30 mmという微小なラップ幅での連続穿孔ができ、効率的なスロット施工が可能となっている。

T-A Rock Splitter は、従来は別々の機械であった岩盤穿孔用のダウンザホールハンマ(φ105)と割岩用の油圧パッカー(φ95)を組合せたアタッチメントである(写真-11)。割岩作業では、φ105 mmの割岩孔にφ95 mmのパッカーを挿入する必要があり、高い作業精度が要求されるため、穿孔用と割岩用の2つの機械をスライド式構造とし、これにより、水中作業機のアームを動かさず、穿孔した位置に確実にパッカーを挿入することが可能となっている。

上記のアタッチメントと既存機種を併用することで、軟質な堆積土から硬質な岩盤まで様々な地盤条件での水中掘削が可能となっている。



写真-10 T-A Slot Driller

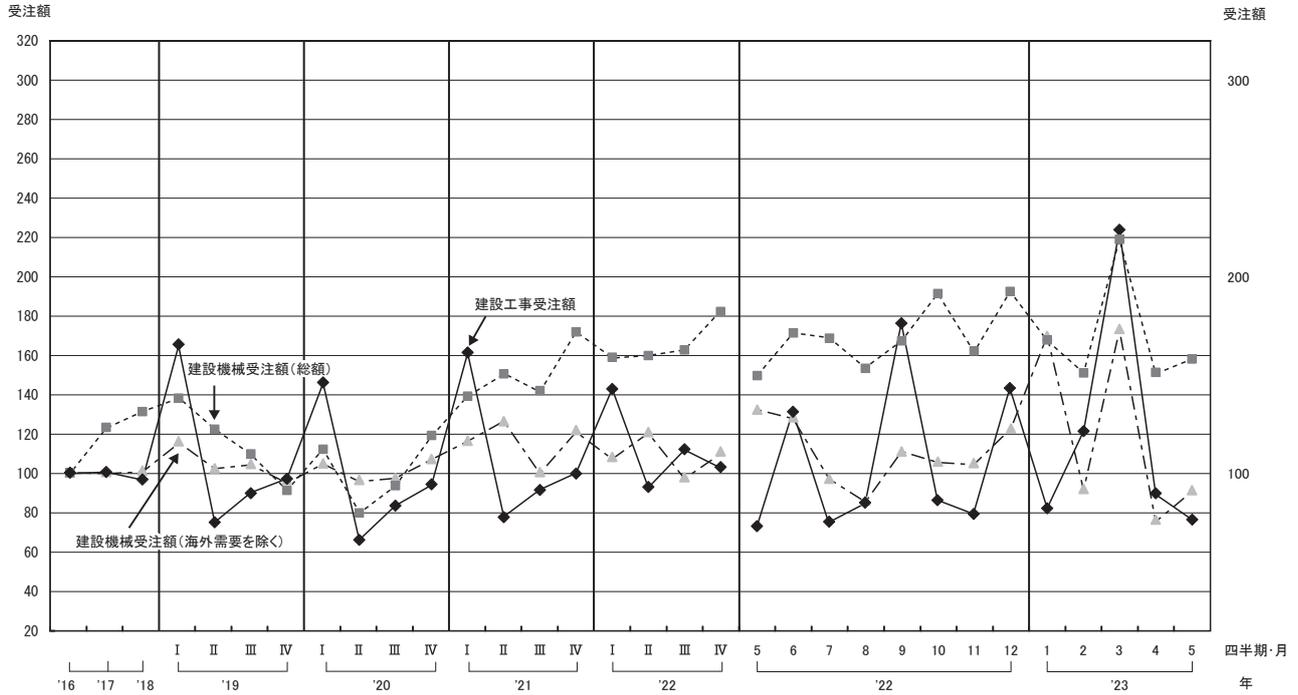


写真-11 T-A Rock Splitter

問合せ先：大成建設㈱ 土木本部 土木技術部 ダム技術室
 〒 163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 新宿センタービル

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 2016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 2016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							
2016年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5,247	3,309	98,626	48,366	151,269	134,037
2017年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5,183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220
2018年	142,169	100,716	24,513	76,207	30,632	8,561	5,799	95,252	46,914	166,043	141,691
2019年	156,917	114,317	24,063	90,253	29,957	5,319	7,308	109,091	47,829	171,724	150,510
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
2022年 5月	8,930	6,695	2,012	4,683	1,038	386	812	6,290	2,640	201,369	8,812
6月	15,741	11,290	3,252	8,038	2,525	465	1,462	11,414	4,327	202,288	14,177
7月	9,176	6,529	2,073	4,456	1,839	348	460	6,310	2,865	202,222	9,335
8月	10,334	8,302	3,261	5,042	1,451	362	220	7,711	2,624	202,166	10,413
9月	21,617	13,586	3,925	9,661	5,298	680	2,052	13,970	7,647	208,186	15,244
10月	10,520	7,331	1,341	5,991	2,426	413	351	7,400	3,120	208,774	9,760
11月	9,636	6,849	1,908	4,941	2,121	385	282	6,736	2,900	206,833	11,819
12月	17,593	14,275	5,184	9,091	3,208	540	-430	13,048	4,544	207,841	16,317
2023年 1月	10,021	6,986	1,556	5,430	2,452	336	248	6,867	3,154	207,251	10,213
2月	14,867	9,285	1,928	7,358	5,010	372	199	9,662	5,204	209,850	12,419
3月	27,481	18,606	4,053	14,553	7,409	674	791	17,187	10,294	214,894	21,223
4月	10,993	8,354	2,034	6,320	2,003	528	107	7,807	3,186	215,556	9,294
5月	9,304	6,854	1,807	5,047	1,772	345	332	6,125	3,179	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	16年	17年	18年	19年	20年	21年	22年	22年 5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	23年 1月	2月	3月	4月	5月
総 額	17,478	21,535	22,923	20,151	17,646	26,393	29,024	2,177	2,498	2,457	2,233	2,439	2,790	2,361	2,804	2,445	2,198	3,197	2,214	2,308
海 外 需 要	10,875	14,912	16,267	13,277	10,966	18,737	21,816	1,450	1,791	1,926	1,766	1,832	2,211	1,788	2,130	1,509	1,694	2,246	1,795	1,807
海外需要を除く	6,603	6,623	6,656	6,874	6,680	7,656	7,208	727	707	531	467	607	579	573	674	936	504	951	419	501

(注) 2016～2018年は年平均で、2019～2022年は四半期ごとの平均値で図示した。
 2022年5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

主要建設資材価格の動向

1. はじめに

建設資材価格の動向について、(一財)経済調査会発行の『月刊積算資料』で発表している2023年6月調査結果を用いて考察した。

表一は、建設資材28資材の東京地区(大口価格)の価格推移である。セメント、生コンクリート、アスファルト混合物は前年同月比で20ポイント程度的大幅上昇となっているが、ウッドショックの影響を受け大幅に上昇していた建築用木材(正角材)価格は世界的に需要が落ち着いたことで2022年下期から軟調に推移、前年

同月比で20ポイントを超える下落となる等、昨年の高騰局面からは変化が見られる。原材料コストや需給の動向により資材間で温度差が生じる状況となっている。

2. 主要建設資材価格の動向

主要建設資材の価格動向(2023年6月調べ、東京地区・大口価格)は以下のとおり。

表一 主要建設資材価格推移(東京地区・大口価格)

円(消費税抜き)

資材名	規格	単位	2022年 6月調べ	2022年 9月調べ	2022年 12月調べ	2023年 3月調べ	2023年 6月調べ	変動(前年同月比)
灯油	スタンド 18L 缶	缶	1,836	1,854	1,818	1,818	1,836	
A重油	(一般) ローリー	KL	83,000	83,000	84,500	84,500	86,500	+3,500円(+4.2%)
ガソリン(石油諸税込)	レギュラー スタンド	L	149	148	149	149	149	
軽油(石油諸税込)	ローリー	KL	116,000	116,000	117,500	117,500	119,500	+3,500円(+3.0%)
異形棒鋼	SD295・D16	t	120,000	115,000	115,000	117,000	118,000	-2,000円(-1.7%)
H形鋼(細幅)	200×100×5.5×8mm(SS400)	t	120,000	123,000	123,000	123,000	123,000	+3,000円(+2.5%)
H形鋼(広幅)	300×300×10×15mm(SS400)	t	120,000	123,000	123,000	123,000	123,000	+3,000円(+2.5%)
普通鋼板(厚板)	無規格 16~25mm 3×6 フィート	t	140,000	145,000	145,000	145,000	145,000	+5,000円(+3.6%)
セメント	普通ポルトランド バラ	t	11,800	11,800	12,800	12,800	15,800	+4,000円(+33.9%)
コンクリート用碎石	20~5mm	m ³	4,950	4,950	4,950	5,100	5,100	+150円(+3.0%)
コンクリート用砂	細目洗い	m ³	5,000	5,000	5,150	5,150	5,150	+150円(+3.0%)
クラッシャラン	40~0mm	m ³	4,750	4,750	4,750	4,900	4,900	+150円(+3.2%)
再生クラッシャラン	40~0mm	m ³	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	
生コンクリート	強度 21 スランプ 18cm 20(25)mm	m ³	15,200	15,200	18,200	18,200	18,200	+3,000円(+19.7%)
アスファルト混合物	密粒度 13mm	t	9,700	11,000	11,800	11,800	11,800	+2,100円(+21.6%)
再生加熱アスファルト混合物	再生密粒度 13mm	t	8,700	9,500	9,800	9,800	9,800	+1,100円(+12.6%)
ストレートアスファルト	針入度 60~80 ローリー	t	120,000	117,000	114,000	95,000	96,000	-24,000円(-20.0%)
PHCパイプ A種	350×60mm×10m	本	32,900	32,900	37,000	37,000	37,000	+4,100円(+12.5%)
ヒューム管	外圧管 B形 1種 呼び径 300mm	本	10,500	11,300	11,300	11,300	11,300	+800円(+7.6%)
鉄筋コンクリートU形	300B 300×300×600mm	個	1,580	1,720	1,720	1,720	1,720	+140円(+8.9%)
コンクリート積みブロック	滑面 250×400×350mm	個	640	640	640	640	640	
正角材 杉(KD)	3.0m×10.5×10.5cm 特1等	m ³	115,000	110,000	95,000	92,000	85,000	-30,000円(-26.1%)
平角材 米松(KD)	4.0m×10.5, 12×15~24cm 特1等	m ³	120,000	120,000	110,000	105,000	89,000	-31,000円(-25.8%)
コンクリート型枠用合板	無塗装品ラワン 12×900×1,800mm	枚	2,000	2,200	2,200	2,100	1,950	-50円(-2.5%)
電線・ケーブル	CV 600V 3心 38mm ²	m	1,785	1,670	1,746	1,824	1,746	-39円(-2.2%)
鉄スクラップ	ヘビー H2	t	46,500	37,500	36,500	44,500	40,000	-6,500円(-14.0%)
ガス管	白管ねじなし 25A	本	2,520	2,860	2,860	2,860	2,860	+340円(+13.5%)
塩ビ管	一般管 VP 50mm	本	1,440	1,440	1,640	1,640	1,640	+200円(+13.9%)

出典：(一財)経済調査会『月刊 積算資料』

(注) 毎月10日までに得られた調査結果

統計

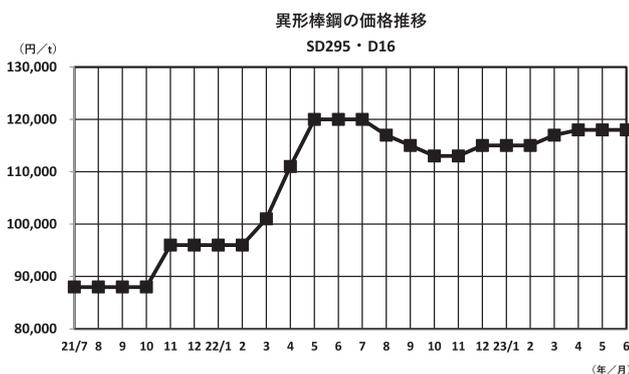
(1) ガソリン（スタンド渡し）

5月中旬に元売卸価格が大幅に上昇したことを受け、多くの販売業者が店頭価格の引き上げに動いた。価格は、レギュラーでL当たり149円（消費税抜き）どころと前月比1円の上伸。6月以降、段階的に補助金支給額が減額されることから、市場価格はじり高で推移する公算が大きい。先行き、強含みで推移する見通し。

(2) 軽油（ローリー）

価格は、KL当たり11万9,500円どころと前月比3,500円の上伸。6月から政府の補助金が減額された影響で卸値の値上がりが続く、流通業者が採算重視の姿勢を強めたことから、コスト上昇分の価格転嫁が進んだ。OPECプラスは追加減産を打ち出しており、原油相場は当面、底堅く推移するとの見方が多い。先行き、強含み推移の見通し。

(3) 異形棒鋼



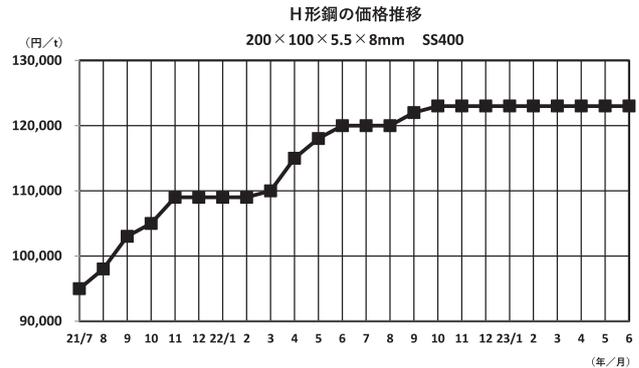
需要は、首都圏の大型再開発事業等が端境期を迎え、中小物件も精彩を欠いた状況が続いている。荷動きは閑散とし、先行き、需要回復は不透明感が増している。

価格は、SD295・D16でt当たり11万8,000円どころと、前月比横ばい。主原料の鉄スクラップ価格が軟調に推移するなかでも、電気料金や運搬費のコスト上昇に対するメーカー各社の危機感強い。そのため、春先に表明した値上げを早期に進展させたい意向を示し、流通側も採算悪化の回避には販価の引き上げが必要と認識している。一方、荷動きのさえない状況が当面続くとみる需要者側は当用買いに徹していることから、価格交渉は難航している。先行き、横ばいで推移する公算が大きい。

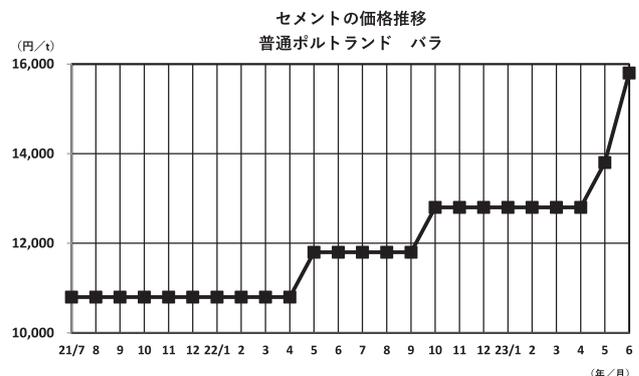
(4) H形鋼

価格は、200×100でt当たり12万3,000円どころと前月比横ばい。メーカー各社は、4月以降に3,000円の値上げを打ち出し、販売側も追従する意向を示しているものの、原料相場の下押しで価格交渉はこう着状態が続いている。

販売側は、引き続き値上げ未達分の浸透を図る構えであるが、中小物件の需要が低迷する中で需要者側の抵抗は根強く、価格交渉は難航する見通し。目先、横ばい推移の公算大。



(5) セメント



セメント協会まとめによる4月の東京地区セメント販売量は、前年同月比13.3%減の21万97t。都市部における再開発事業が需要を下支えているものの、それ以外の生コン向け出荷が低調に推移したことなどを背景に、10%を超える減少となった。

価格は、普通ポルトランド・バラで前月比t当たり2,000円上昇し1万5,800円。石炭価格の高騰を背景に、メーカー側が2022年10月出荷分から3,000円以上の値上げに取り組む中、採算悪化に危機感を強めた販売側の売り腰は強まり、昨年度末以降に交渉が本格化。需要者側は、当初大幅値上げに抵抗を示していたが、販売側の強気の販売姿勢を受けて段階的に値上げを受け入れたため、2カ月連続で価格は上昇し、ほぼ満額が浸透した。先行き、現行価格圏内を横ばいで推移する見通し。

(6) コンクリート用砕石

都心部の大型建築物向け生コン出荷に下支えされ、需要は堅調に推移している。

価格は、20～5mmでm³当たり5,100円と前月比横ばいで推移。販売側は、電気料金や運搬費の上昇、工場経費の増加などに伴うコスト増を転嫁すべく、需要者に対して販売価格の引き上げを求めている。しかしながら、主たる需要者である生コンメーカーは、セメント価格の大幅な値上がりを受け、生コン価格の引き上げを優先課題とし交渉を先送り。一部に値上げを受け入れる機運はあるものの、市況を押し上げるまでには至っていない。

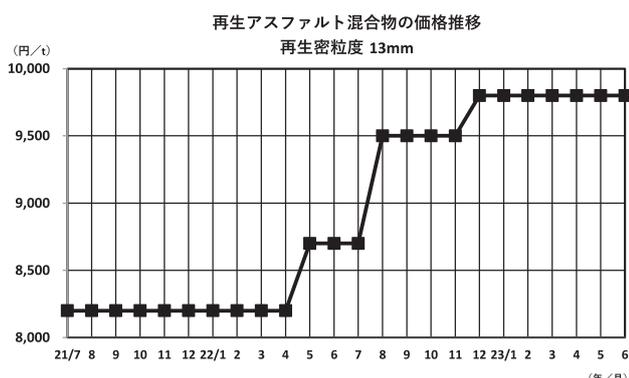
販売側は、採算悪化を回避すべく今後も売り腰を強める構えだが、需要者側の反応は鈍い。当面、横ばいで推移しよう。

(7) 生コンクリート

東京地区生コン協組調べによる5月の出荷量は前年同月比13.9%減の19万8,051 m³となった。都心部の再開発事業の本格化により今年度の需要は底堅いと見込まれているものの、施工現場の人手不足などによる工程遅れを背景に、年度明け直後の出荷実績は低調に推移している。

価格は、21-18-20で前月比横ばいのm³当たり1万8,200円どころ。同協組は、セメントや骨材などの原料コスト上昇による採算悪化を改善すべく、4月引き合い分から2,000円の値上げとともに、コスト変動を速やかに販売価格に反映させる新たな契約方式の導入に取り組んでいる。しかし、足元の新規引き合いが低調なことから、需要者側の反応は鈍い。価格交渉の本格化にはしばらく時間を要する見通しで、当面、横ばい。

(8) アスファルト混合物

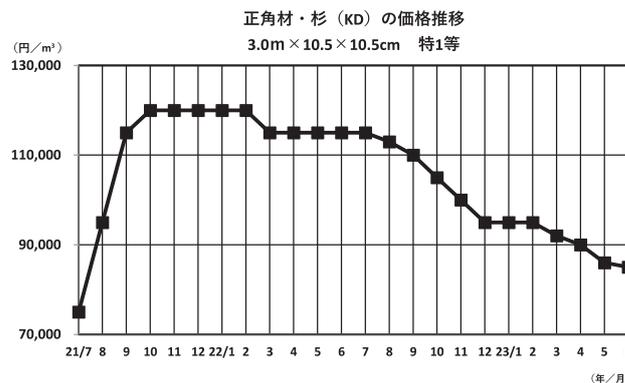


4月の都内向け加熱アスファルト混合物の製造量は11万8,213 tと前年同月比4.5%増(東京アスファルト合材協会調べ)。民需は精彩を欠くものの、高速道路の大型補修や空港工事向けの出荷が下支えとなり前年同月を上回った。

価格は、再生密粒度(13)でt当たり9,800円どころ。販売側は、これまでの値上げ未転嫁分の獲得に加え、今後のエネルギーコスト上昇や骨材メーカーによる値上げ要求などにより採算悪化を危惧。さらなる上積み求めて価格交渉を継続する構え。一方、主原料のストアス価格は昨年夏のピーク時に比べ下落しており、需要者側は値引きを求めている。両者の思惑が異なることから、価格交渉は平行線をたどり、目先、横ばい推移の見通し。

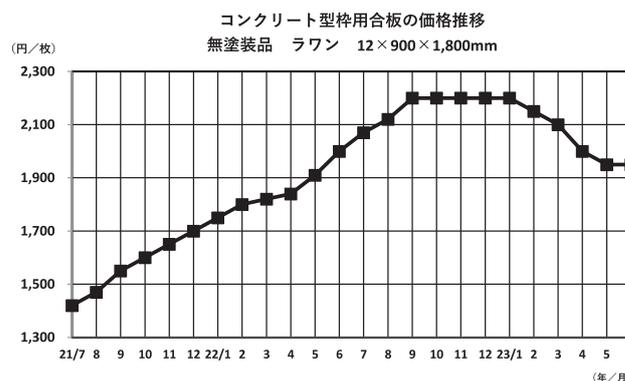
(9) 木材 正角材・杉

例年、新築木造住宅向け引き合いが増える時期だが、依然として木材の荷動きはさえない。市場での消費マインドの冷え込みによる先行きの不透明感から、販売側では価格を引き下げる動きが一部でみられた。価格は、正角材・杉(KD) 3.0m×10.5×10.5cm 特1等



でm³当たり8万5,000円と前月比1,000円続落。コスト増から卸価格は底値との見方が大勢を占めており、先行き、横ばい推移。

(10) コンクリート型枠用合板



主要産地の輸出が回復しつつあり、国内流通筋では産地価格が底を打ったとの見方が多い。無塗装品ラワンの価格は、12×900×1,800mmで枚当たり1,950円と前月比変わらず。販売店側では、円安に転じたことで調達コストが再び上昇してきているが、需要者側の慎重な購買姿勢に変化はなく、新規注文がしにくい状況。目先、横ばいの見通し。

(11) 電線・ケーブル

日本電線工業会の電線受注出荷速報によると、建設・電販向けの4月推定出荷量は約2万4,400 tと前年同月比約2.6%減。2カ月連続で前年同月を下回った。荷動きに目立った変化はなく、需要に精彩を欠く状況が続いている。

一方、国内電気銅建値は海外相場安を背景に5月平均でt当たり118万円台と前月比5万円の下落。高止まりしていた銅価が今年初めて120万円台を割り込んだことから、需要者側の値引き要求が強まり、これに販売側が応じた。価格は、CVケーブル600V 3心38mm²でm当たり1,746円どころと前月比約4.3%の下落。足元では、銅価が再び上げ基調に転じており、軟化は一時的との見方もある。販売側、需要者側ともに銅価をにらみながらの価格交渉が続く

統計

とみられ、先行き、横ばいで推移する見通し。

※各資材の価格推移の出典は、『月刊 積算資料』。

3. おわりに

図一は、建設工事で使用される資材について、その価格変動を捉えることを目的とした「建設資材価格指数(全国主要10都市)」である。建設資材需要原単位の対象資材を勘案し、建築資材25品目と土木資材24品目を選択している。

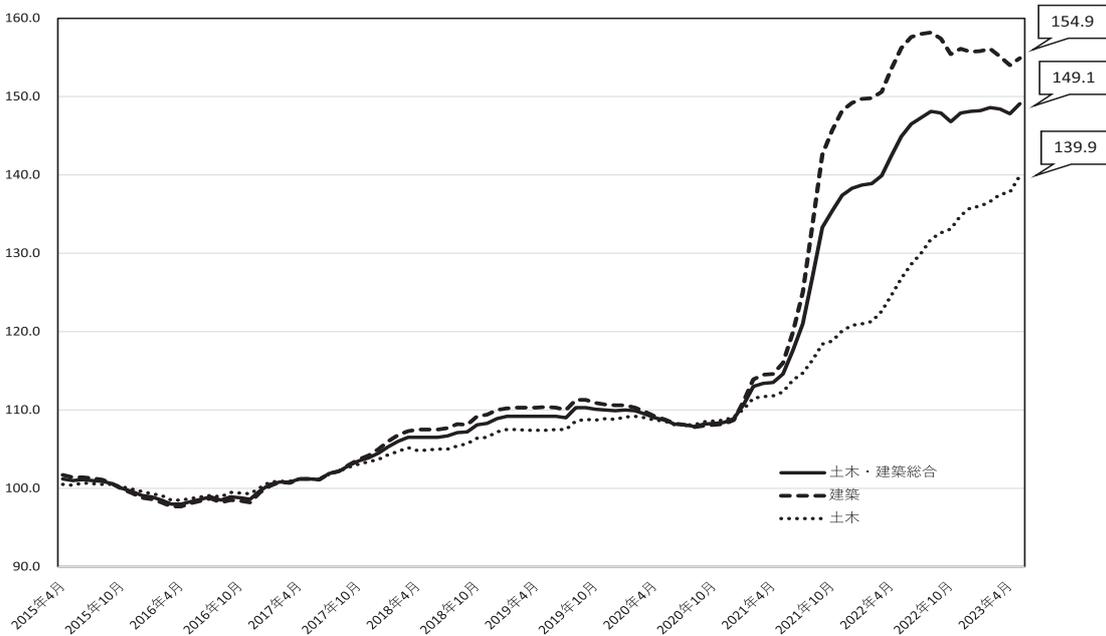
2021年夏以降、ウッドショックを背景とした木材価格の高騰で建築の指数が大きく上昇したが、2022年8月をピークに下落に転じている。足元では、合板市況の下げ止まりもあり、建築の指数は154.9(前月比+0.9ポイント)となっている。一方、土木の指数は、セメントや生コンクリートの騰勢を受け、139.9(前月比+2.1ポイント)と2015年以降の最高値を示している。

土木指数の上昇を受け、土木・建築総合指数は149.1(前月比+1.3ポイント)となり、前月比1ポイントを超えるのは昨年11月以来で高い上昇となった。セメントや生コンクリート価格の上昇基調は続いていることから、土木指数は上昇が続くとみられ、土木・建築総合指数は今後も高い水準を維持しながらの推移となる見通し。

(文責：坂下)

表一 建設資材価格指数の対象資材

①建築資材品目		②土木資材品目		
資材	品目	資材	品目	
01.セメント	1 セメント	01.セメント	1 セメント	
02.生コンクリート	2 生コンクリート	02.生コンクリート	2 生コンクリート	
03.コンクリート二次製品	3 コンクリート管類	03.コンクリート二次製品	3 コンクリート管類	
	4 コンクリートボール・パイル		4 コンクリートボール・パイル	
	5 コンクリート緑石・側溝		5 道路用等コンクリート製品	
	6 建築用空洞ブロック		6 土木コンクリートブロック	
	7 インターロッキングブロック		7 インターロッキングブロック	
	8 その他のコンクリート二次製品			
04.骨材	8 砂 9 砕石		04.骨材	9 砂 10 砕石
05.瀝青材	10 防水工用アスファルト		05.瀝青材	11 ストレートアスファルト
06.再生アスファルト混合物	11 再生アスファルト混合物	06.再生アスファルト混合物	12 再生アスファルト混合物	
07.普通鋼鋼材	12 H形鋼	07.普通鋼鋼材	13 H形鋼	
	13 その他形鋼(除くH形鋼)		14 その他形鋼(除くH形鋼)	
	14 鋼矢板		15 鋼矢板	
	15 棒鋼		16 棒鋼	
	16 構造用鋼管(含むコラム)		17 厚中板	
17 仮設材(H形鋼)	18 鋼管杭・鋼管矢板			
18 仮設材(鋼矢板)	19 構造用鋼管(含むコラム)			
19 仮設材(その他)	20 その他鋼材			
09.その他鋼材	20 その他鋼材 21 特殊鋼鋼材		08.仮設材	21 仮設材(H形鋼) 22 仮設材(鋼矢板) 23 仮設材(その他)
10.木材	22 製材(木造のみ)		09.特殊鋼鋼材	24 特殊鋼鋼材
	23 合板(厚6mm未満)			
	24 合板(厚6mm以上)			
	25 損料対象材(合板)			



図一 建設資材価格指数(全国主要10都市)
 (一財)経済調査会「建築・土木総合指数」より作成。2015年度平均=100とした指数。
 詳細は、(一財)経済調査会HP参照 (<https://www.zai-keicho.or.jp/service/build/price/>)。

行事一覽

(2023年6月1～30日)

機械部会



■原動機技術委員会

月日：6月1日(木)(会議室, Web 併行開催)

出席者：工藤睦也委員長ほか26名

議題：①前回の議事録確認 ②国内次期排出ガス規制に関する情報交換 ③海外排出ガス規制の動向に関する情報交換：EPA, CARB, インド規制動向 ④カーボンニュートラルについて情報交換：「合成燃料(e-fuel)の導入に向けた官民協議会」の情報共有, GX 建機認定制度の件：作業燃費検討WG(4/27(木))の報告

■情報化機器技術委員会

月日：6月2日(金)(Web会議で開催)

出席者：白塚敬三委員長ほか8名

議題：①施工現場のDX化に関する情報共有と議論 ②SICK社展示会の情報共有と参加日程について ③規制・規格の最新情報の共有 ④UL Japan社電波暗室見学会の実施について ⑤GX建設機械認定制度に関する情報共有

■基礎工事用機械技術委員会見学会

北海道新幹線 後志トンネル(天神)他工事見学

月日：6月8日(木)

参加者：草刈成直委員長ほか15名

見学内容：山岳トンネル(NATM工法)の現場で、連続ベルトコンベアによる掘削ズリ搬出、改造テルピース台車、フルオートジャンボ、ズリピットの防音ハウスなどを見学

■ショベル技術委員会

月日：6月12日(月)(会議室, Web 併行開催)

出席者：安部敏博委員長ほか9名

議題：①GX建設機械認定制度について：認定規定に関するCMI問合せに対する回答結果の報告, 回答結果に基づき認定規定について議論

■トンネル機械技術委員会 機械設備改善WG

月日：6月14日(水)(会議室, Web 併行開催)

出席者：椎橋孝一郎リーダほか18名

議題：①WG名称の決定とリーダ選出 ②調査活動の進め方について議論

③スケジュールの確認

■トンネル機械技術委員会 積込・運搬機械調査WG

月日：6月15日(木)(会議室, Web 併行開催)

出席者：浅沼副委員長ほか11名

議題：①WG名称の決定とリーダ選出 ②調査活動の進め方について議論 ③スケジュールの確認

■トンネル機械技術委員会・幹事会

月日：6月19日(月)(会議室, Web 併行開催)

出席者：丸山修委員長ほか9名

議題：①第1回WGの報告と進め方について議論 ②見学会について：7月実施予定の現場見学会の詳細説明, 9月実施予定のメーカー見学会の状況報告 ③技術講演会について：実施時期, 講演者選定について議論

■トラクタ技術委員会

月日：6月21日(水)

出席者：大場元樹委員長ほか6名(Web会議で開催)

議題：①GX建設機械認定制度について：認定規定に関するCMI問合せに対する回答結果の報告, 回答結果に基づき認定規定について議論

■建築生産機械技術委員会(ラフテレーン作業燃費分科会)

月日：6月22日(木)(会議室, Web 併行開催)

出席者：石倉武久委員長ほか7名

議題：①GX建設機械認定制度への対応について議論：ラフテレーンクレーン対応についての各社の対応報告, ラフテレーン作業燃費分科会での進め方について議論

■油脂技術委員会 シェブロンジャパン研究所見学会と委員会

月日：6月23日(金)(シェブロンジャパンにて開催)

出席者：石川広二委員長ほか27名

議題：①各種石油添加剤(潤滑油・燃料油等)のテクノロジーセンターの見学 ②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ついて ③高粘度指数作動油関係：規格内容のアンケート集計結果報告 ④規格普及促進関係：マイクロクラッチ摩擦代替材の進捗について, オンファイル状況の報告 ⑤JCMASの改正について：進捗状況の報告 ⑥その他：油脂技術委員会の運営体制と役割分担について, ホームページの見直しについて, 令和5年度活動について

■除雪機械技術委員会

月日：6月27日(火)(会議室, Web 併行開催)

出席者：坂井幸尚委員長ほか23名

議題：①国交省から除雪に関する状況報告：令和5年度第予算概要の説明, 除雪機械自動化に関する情報提供 ②自動化, 情報化対応関連, 他技術についての情報共有：R5年度以降の活動テーマの検討 ③除雪機械の勉強会：簡易除雪機械 ④その他：見学会の計画内容の説明, GX建設機械認定制度に関する情報共有

■コンクリート機械技術委員会見学会

岐阜工業(株)木曾工場見学

月日：6月30日(金)

参加者：浅沼廉樹副委員長ほか10名

見学内容：取扱い製品の中でコンクリート機械であるトンネル用特殊型枠(セントル)と工場施設, 大型加工設備の見学

標準部会



■ISO/TC 23/SC 19/JWG 10 一極低電圧電機駆動

月日：6月1日(木)夜遅く

出席者：米国Deere社囑託WEIRESコンピナーなど海外から十数名, 日本から事務局1名出席

場所：Web上(MS/TEAMS)

議題：①開会(出席者点呼, ISO行動規範確認, 議事案採択など) ②第2次CD案文ISO/CD 23285(農業機械及びトラクタ並びに土工機械の直流32-75V及び交流21-50Vで作動する電気及び電子機能部品及び装置の安全)の投票時意見に対する対応検討 ③次の段階(委員会内意見聴取時の意見検討続行) ④次回会合(2023年7月31日, 8月2日)

■ISO/TC 127 土工機械委員会国内総会

月日：6月6日(火)

出席者：間宮崇幸(コマツ)委員長ほか30名

場所：協会A/B会議室で対面会合+Web参加(Zoom)

議題：①TC 127親委員会, SC 1~SC 4分科会活動計画及び審議状況報告 ②投票案件 ③トピックス：燃料電池国際標準化委員会の報告 ④ISO/TC 127の役職交代の報告

■ISO/TC 127 CAG 議長諮問グループ会議

月日：6月6日(火)夜

出席者：米国CROWELL親TC 127及

び SC 2 国際議長 (Caterpillar 社) 及び SEITZ CM など海外から SC 1・SC 4 国際議長及び CM 並びに各国首席代表など十数名、日本から間宮崇幸 ISO/TC 127/SC 3 国際議長 (コマツ) など計 3 名出席

場 所: Web 上 (ISO Zoom)

議 題: ①開会 (開会あいさつ, メンバー確認含む出席者点呼, 会議の目的確認及び議事案採択など) ②総会インド開催 ③ ISO 専門業務用指針改正 ④各分科委員会報告及び要対策事項並びに関連事項 ⑤新業務提案候補 (車両接近警報装置など) ⑥業務効率改善 (ISO の OSD 適用など) ⑦次回 CAG 会合日程 (9 月 7 日及び総会前日)

■ ISO/TC 127/SC 2/JWG 31-ISO 7021 運転員保護構造の材料要求事項 国際 WG 会議

月 日: 6 月 7 日 (水) 夜

出席者: 米国 NEVA コンビナー (斗山 Bobcat 社) など海外 (ブラジル 1, ドイツ 2, イタリア 2, スウェーデン 1, 米国 8) から計 14 名, 日本から小塚大輔委員 (コマツ) など計 4 名出席

場 所: Web 上 (ISO Zoom)

議 題: ①開会 (出席者点呼, 行動規範確認, 議事案採択, 前回議事録確認など) ② DIS 7021 投票時各国意見の検討 ③安全窓材料の新業務提案を ISO 7021 に含めるべきかの検討 ④次の段階 (FDIS に進める) ⑤次回会合・その他 (親委員会への報告・プラスチック窓材料の扱い)

■ ISO TC 127 SC 2 WG 15-ISO/CD 13649 火災予防 国際 WG 会議

月 日: 6 月 8 日 (木) 朝, 9 日 (金) 朝

出席者: 米国 NEVA コンビナー (斗山 Bobcat 社) など海外 (オーストラリア 1, 米国 12) から 13 名, 日本から小塚大輔委員 (コマツ) など計 5 名出席

場 所: Web 上 (ISO Zoom)

議 題: ①開会 (出席者点呼, 行動規範確認, 議事案採択, 前回議事録確認など) ② CD 13649 投票時各国意見の検討 ③ DIS に進めるための要処理事項について ④次回会合 (前記要処理事項の対応案が整った時点で要すれば会合)

■ ISO/TC 127/SC 4/WG 6-ISO 7334 自動運転の分類 国際 WG ハイブリッド会合

月 日: 6 月 12 日 (月), 13 日 (火) ドイツ現地では日中, 日本時間では夕方～深夜

出席者: 米国 TAHA コンビナー (Deere

社) など海外 (中国 1, 米国 6, 英国 2) から 9 名, 日本から鈴木邦利委員 (コマツ) など計 4 名出席

場 所: フランクフルト・アム・マインで対面会合 + Web 参加 (ISO Zoom)

議 題: ①開会 (行動規範確認, 出席者点呼, 議事案を若干案件追加して採択) ② CD に進めるため WG 意見聴取時意見の対応処理 ③日程遅延による廃案を避けるため目標期日 9 か月延期 ④規格案の名称の「土工機械-自律運転及び自動運転の分類及び語彙」への変更 ⑤次回会合 (8 月下旬東京にて) ⑥案文の作成に OSD (Online Standards Development) を適用

■ ISO/TC 195/SC 1/WG 7 コンクリートポンプ-第 2 部 国内専門家会合

月 日: 6 月 13 日 (火)

出席者: 池田喜治 (北川鉄工所) コンビナーほか 3 名

場 所: Web 上 (ISO Zoom)

議 題: ISO/WD 18650-2 案文の検討・コメント回答表審議

■ ISO/TC 127/SC 3/JWG 16 国際 WG-ISO 23870 セキュアな移動体高速通信-HSI (Highspeed Interconnect 高速相互接続) セキュリティ特設会合

月 日: 6 月 13 日 (火) 夜

出席者: 米国 Jessop LUESCHOW 幹事 (Deere 社) など海外から 20 名以上, 日本から庄司裕之委員 (コマツ) など若干名出席

場 所: Web 上 (ISO Zoom)

議 題: HSI セキュリティに関して, 関連専門家から説明された

■ ISO/TC 127/SC 3/JWG 16-ISO 23870 セキュアな移動体高速通信-ネットワーク構成特設会合

月 日: 6 月 14 日 (水) 夜

出席者: 米国 Jessop LUESCHOW 幹事 (Deere 社) など海外から 20 名以上, 日本から若干名出席

場 所: Web 上 (ISO Zoom)

議 題: ネットワーク構成及び HSI セキュリティに関して, 関連専門家から説明された

■ ISO/TC 127/SC 2/JWG 28-ISO 21815 衝突警報及び回避 国際 WG ハイブリッド会合

月 日: 6 月 14 日 (水) ~ 16 日 (金) ドイツ現地では日中, 日本時間では夕方～夜遅く

出席者: 日本から岡ゆかりコンビナー・鈴木邦利 第 4 部プロジェクトリーダー (コマツ) など対面, Web で計 4 名出席, 米国 MOUGHLER 第 3 部プロジェ

クトリーダ (Caterpillar 社) など海外 (オーストラリア 2・ドイツ 4・韓国 1・英国 2・米国 5) からの対面及び Web で計 14 名出席

場 所: フランクフルト・アム・マインで対面会合 + Web 参加 (ISO Zoom)

議 題: ①開会 (出席者点呼・行動規範確認・議事案採択・その他) ②コンビナー及び PL からの報告 ③ ISO/PWI 21815-4 「土工機械-衝突警報及び回避-第 4 部: 履帯動作及び旋回/回転動作のリスク範囲及び程度」作業グループ聴取意見への対処など新業務提案に向けて案文検討 ④既発行の同第 2 部「車載 J1939 交信インタフェース」改正に向けた検討 ⑤「運転員能力補強」の ISO/TC 127/SC 2/WG 24 における ISO/PWI 6135 との線引き含む検討 ⑥ ISO/PWI 21815-5 第 5 部「その他の機械動作のリスク範囲及び程度」作業グループ聴取意見への対処など新業務提案に向けて案文検討 ⑦まとめ・その他・次回会合 (2023 年 10 月 31 日 ~ 11 月 3 日 フランクフルトにて)

■ ISO/TC 127/SC 3/WG 5 施工現場データ交換-ISO/TS 15143-4 施工現場地形データ WG ハイブリッド会合

月 日: 6 月 19 日 (月) ~ 22 日 (木) フィンランド現地では日中, 日本時間では午後遅め～夜遅め

出席者: 日本から山本茂コンビナー (コマツ) など対面及び Web で 4 名程度出席, 米国 BOLLWEG プロジェクトリーダー (Deere 社) など海外 (米国・オーストラリア・フィンランド・ニュージーランド・スウェーデン・韓国など) から十数名出席

場 所: フィンランドのタンペレ市の Novatron 社で対面会合 + Web 参加 (ISO Zoom)

議 題: ①開会 (出席者点呼, ISO 行動規範確認, 議事案採択, 前回会合議事録確認, 前回会議の要処理事項確認など) ②案文に対する各専門家意見の検討・処理 ③ AEM におけるデータ保管計画の検討 ④案文作成日程検討 ⑤相互運用性検証についての検討 ⑥先々の改正可能性などの検討 ⑦今回会合まとめ, 当面の会合日程 (7 月 10 日に東京で編集会議・先々の対面及び Web 会合日程) など

■ ISO/TC 127/SC 1/WG 6 エネルギー消費試験方法ハイブリッド会合

月 日: 6 月 26 日 (月) ~ 28 日 (水) ドイツ現地では日中, 日本時間では午

後遅め～夜遅め

出席者：対面及びウェブで米国 CROWELL コンピナー (Caterpillar 社) など海外 (フランス・オーストリア・ドイツ・米国) から7名, 日本は正田 明平プロジェクトリーダー (コマツ) など8名出席

場 所：ドイツの Elchingen 市の RexRoth 社で対面 + Web 参加 (ISO Zoom)

議 題：①開会 (出席者点呼, ISO 行動規範確認, 議事案採択, 前回会合議事録確認など) ②専門家の報告 ③案文に対する意見検討 (油圧ショベル試験要求事項, ホイールロード試験条件の各検討) ④当面の作業の検討 ⑤次回会合 ⑥今回会合まとめ (予備業務提案に進めるなど), その他

■ ISO/TC 195/SC 2/WG 1 国際バーチャル WG 会議

月 日：6月26日 (月) 夜

出席者：室谷雅之委員 (協和機械製作所) ほか8名

場 所：Web 上 (ISO Zoom)

議 題：①2020年5月に実施されたアンケート スウェーデン回答レビュー ②CD 22142 案文コメント審議 ③次回会合予定 (2023年9月27日バーチャル)

■ ISO/TC 195/SC 3/WG 1 穿孔及び基礎工用機械一用語及び定義 国際バーチャル WG 会議

月 日：6月28日 (水) 夜

出席者：山本卓也委員 (技研製作所) ほか7名

場 所：Web 上 (ISO Zoom)

議 題：①CD 11886 コメント審議 (続き)

■ ISO/TC 127/SC 3/WG 5 施工現場データ交換—ISO/TS 15143-4 施工現場地形データ案文統合特設会合

月 日：6月30日 (金) 昼

出席者：米国の PL の BOLLWEG 氏 (Deere 社) など海外 (米国の他, スウェーデン, オーストラリア, フィンランド, ニュージーランド) から8名程度, 日本から山本茂コンピナー (コマツ) など3名程度出席

場 所：Web 上 (ISO Zoom)

議 題：WG 配布案文を再度修正した案文に対して, 修正箇所をトップコンオーストラリアの方などが説明, ほぼまとまったので, 7月10日の編集会議で確認の上, ISO 様式に整え, CD 意見聴取に進めるよう論議された

建設業部会



■機電交流企画 WG

月 日：6月15日 (木)

出席者：落合博幸主査ほか5名 (内 Web参加者2名)

議 題：①令和5年度10月の講演会の開催について ②令和5年度若手現場見学会 (2023.11～2024.01) の開催計画について ③R6 意見交換会の見直しについて ④その他

■クレーン安全情報 WG

月 日：6月20日 (火)

出席者：猪又勝美主査ほか9名 (内 Web参加者2名)

議 題：①支持地盤養生マニュアルの対応について ②事故事例発表 ③その他：クレーンメーカーに対する最新動向ヒアリング実施提案

■三役会

月 日：6月27日 (火)

出席者：森田将史部会長ほか4名：全員 Web 参加

議 題：①WG 報告・6/15 機電交流企画 WG の報告 (若手現場見学会, 講演会の計画途中報告等)・6/20 クレーン安全情報 WG の報告 ②建設業部会夏季現場見学会『成瀬ダム』の開催準備報告 ③その他

広報部会



■第133回 建設施工研修会

月 日：6月21日 (水)

出席者：127名聴講 (会場参加11名, Zoom 参加116名)

映 像：13 会員組織 (建設機械メーカー6社から12タイトル, 建設会社1社から1タイトル, 情報機器メーカー, コンサルタント4社から6タイトル, レンタル会社2社から3タイトル) により, 計22本の映像を上映

レンタル業部会



■レンタル業部会

会 議：コンプライアンス分科会

月 日：6月6日 (火) (Web 会議併用)

出席者：飛山分科会長ほか12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プラットフォーム化の検討」の進め方等について ③レンタル業としてのトラック輸送業における運賃について ④各社からの報告事項・情報交換

■レンタル業部会

会 議：レンタル業部会

月 日：6月8日 (木) (Web 会議併用)

出席者：中村部会長ほか11名

議 題：①部会長挨拶・委員交代挨拶 ②コンプライアンス分科会活動状況報告 ③R5 年度見学会について ④各社の取組事項, 部会員共通の問題, 課題について

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：6月7日 (水)

出席者：中野正則委員長ほか28名

議 題：①令和5年9月号 (第883号) 計画の審議・検討 ②令和5年10月号 (第884号) 素案の審議・検討 ③令和5年11月号 (第885号) 編集方針の審議・検討 ④令和5年6月号～令和8年月号 (第880～882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：6月13日 (火)

出席者：石坂仁分科会長ほか4名 (内 Web 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



■「2024 ふゆトピア・フェア in 北広島」実行委員会

月 日：6月9日 (金)

場 所：北海道開発局 特別会議室

出席者：谷崎敏彦事務局長 (代理出席) (JCMA ほか17 機関)

内 容：①実行委員会設立, 規約 (案) ②実行委員会会計処理要領 (案) ③基本計画・予算計画 (案) ④全体スケジュール (案)

■第1回施工技術検定委員会

月 日：6月9日 (金)

場 所：北海道建設会館 F 会議室

出席者：加藤信二総括試験監督者ほか16名

議 題：①建設機械施工管理技術検定 (第一次検定等) の実施要領と監督要領の打合せ

■建設技術担い手育成プロジェクト (苫小牧工業高等専門学校出前授業 (座学))

月 日：6月16日 (金)

場 所：苫小牧工業高等専門学校
 受講者：創造工学科 4 年生 38 名
 内 容：① ICT を活用した建設技術（座学） ② ICT 施工事例（座学） ③ 地上型レーザースキャナ計測（座学及び実機デモ）
 講師等：鈴木勇治プロジェクトリーダーほか

■建設機械施工管理技術検定（第一次検定等）

月 日：6月18日（日）
 場 所：北広島市（星槎道都大学）
 受検者：
 1 級（一次検定）248 名、（二次検定（筆記））235 名
 2 級（一次検定）722 名（延 855 名）、（二次検定（筆記））801 名

■建設技術担い手育成プロジェクト（苫小牧工業高等専門学校出前授業（実地））

月 日：6月23日（金）
 場 所：苫小牧工業高等専門学校
 受講者：創造工学科 4 年生 38 名
 内 容：①自動追尾 TS を利用した 3 次元計測実習 ② GNSS ローバーによる 3 次元計測実習 ③小型バックホウ（ICT 建機）による 2 次元ガイダンス施工実習 ④建設 VR 体験 ⑤ UAV 空中写真測量（操作体験）
 講師等：鈴木勇治プロジェクトリーダーほか

■令和 5 年度除雪機械技術講習会（第 1 回）

月 日：6月27日（火）
 場 所：旭川市（道北経済センター）
 受講者：207 名
 内 容：①除雪計画 ②除雪機械の取り扱い ③除雪の安全施工 ④冬の交通安全 ⑤除雪の施工方法

東 北 支 部

■ EE 東北 '23

月 日：6月7日（水）、8日（木）
 場 所：仙台市 夢メッセみやぎ
 来場者：13,900 人、うちサテライト会場の来場者数 3,100 人
 内 容：
 メッセ会場 出展者：385 社、出展技術：1,035 技術、新技術プレゼンテーション：54 題
 サテライト会場 インフラ DX（ICT）体験広場：出展者：15 社

■橋梁架設・大口徑岩盤削孔の施工技術と積算、及び建設機械等損料講習会

月 日：6月12日（月）
 場 所：仙台市 フォレスト仙台
 受講者：48 名

内 容：①大口徑岩盤削孔の施工技術と積算 ②建設機械等損料の積算 ③鋼橋架設の施工技術と積算 ④ PC 橋架設の施工技術と積算

■令和 5 年度 建設機械施工管理技術検定試験

日 時：6月18日（日）
 場 所：滝沢市 岩手産業文化センター
 受検者：
 1 級 第一次検定 246 名、
 第二次検定（筆記）266 名
 2 級 第一次検定 共通 694 名、第 1 種 75 名、第 2 種 591 名、第 3 種 22 名、第 4 種 71 名、第 5 種 4 名、第 6 種 6 名
 2 級 第二次検定 818 名

■第 13 回東北復興 DX・i-Construction 連絡調整会議

月 日：6月20日（火）
 出席者：中平善伸東北地方整備局企画部長ほか 25 名
 内 容：①東北地方整備局からの情報提供 ②関係機関における DX・i-Construction 取組状況等 ③意見交換

■令和 5 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】DX 技術実践 MR 体験、VR 体験、遠隔臨場体験ほか 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】BIM/CIM・点群体験実践演習 講師：JCMA 東北支部

① 1 回目

場 所：東北技術事務所 研修棟
 月 日：6月22日（木）
 受講者：20 名

① 2 回目

場 所：東北技術事務所 研修棟
 月 日：6月27日（火）
 受講者：20 名

北 陸 支 部



■「けんせつフェア北陸 2023 in 金沢」第 2 回実行委員会

月 日：6月12日（月）
 場 所：北陸地方整備局 4F 共用会議室
 出席者：堤事務局長
 議 題：①出展募集結果について ②実

施計画（案）について ③会場配置計画（案）について ④修正予算について

■「建設技術報告会」第 1 回実行委員会

月 日：6月14日（水）
 場 所：北陸技術事務所 1F 大会議室
 出席者：樋口普及部会担当委員
 議 題：①「建設技術報告会」実行委員会規約について ②令和 5 年度「建設技術報告会」実施計画（案）について ③令和 5 年度「建設技術報告会」予算（案）について ④負担金の納入方法について

■建設機械施工管理技術検定試験

月 日：6月18日（日）
 場 所：朱鷺メッセ（新潟コンベンションセンター）
 受検者：
 1 級 第一次検定：215 名、
 第二次検定（筆記）：215 名
 2 級 第二次検定（筆記）：592 名、
 共通：537 名
 第 1 種：42 名 第 4 種：44 名
 第 2 種：465 名 第 5 種：15 名
 第 3 種：9 名 第 6 種：0 名

■令和 5 年度 第 1 回普及部会

月 日：6月21日（水）
 場 所：興和ビル 10F 大会議室
 出席者：本間普及部会長ほか 12 名
 議 題：①除雪機械安全施工技術講習会等について：R5 除雪機械安全施工技術講習会計画（案）、R4 除雪講習会アンケートとりまとめ結果、R2～R4 除雪講習会 3 県の区域別受講企業 ②ニイガタ除雪の達人選手権について ③建設技術報告会について ④現場見学会について ⑤親睦行事の実施について

中 部 支 部



■災害対策用機械の運用支援に関する意見交換会

月 日：6月14日（水）
 会 場：桜華会館松の間
 参加者：中部地方整備局 野々村武文中部技術事務所長ほか 6 名
 中部支部 浅野和広支部長ほか災害対策用機械運転支援協定協力会員 51 名
 内 容：中部地方整備局中部技術事務所と災害対策用機械運転支援協定協力会員との災害派遣時における意見交換等

■広報部会

月 日：6月16日（金）
 出席者：濱地仁ほか 6 名
 議 題：令和 5 年度の部会活動及び「中

部支部ニュース」第42号について

■建設機械施工管理技術検定学科試験

月 日：6月18日(日)

場 所：愛知学院大学日進キャンパス

受験者：1級269名, 2級685名

■建設 ICT 出前授業

場 所：駿府学園(静岡県静岡市)

月 日：6月19日(月)

参加者：少年院在住者15名

講 師：サイテックジャパン(株)ICT推進企画室長 鈴木勇治氏

■建設 ICT 出前授業

月 日：6月20日(火)

場 所：中部インフラDXセンター(中部技術事務所構内)

受講者：名城大学 学生23名, 院生・教授等4名 合計27名

講 師：サイテックジャパン(株)ICT推進企画室長 鈴木勇治氏

■建設機械整備技能検定実技試験

月 日：6月20日(火)～23日(金)

場 所：愛知県小牧市ポリテクセンター中部

受験者：1級21名, 2級115名

関 西 支 部



■令和5年度建設機械施工技術管理技術検定試験監督者打合せ

月 日：6月8日(木)

場 所：エル・おおさか

議 題：①試験監督要領について ②その他留意事項

■令和5年度建設機械施工技術管理技術検定試験

月 日：6月18日(日)

場 所：大阪工業大学 大宮キャンパス

受験者：

1級414名(二次(筆記)360名, 一次339名)

2級986名(二次(筆記)964名, 一次(共通)795名, 一次(種別):1種44名, 2種723名, 3種0名, 4種43名, 5種10名, 6種11名)

■建設用電気設備特別専門委員会(第488回)

日 時：6月14日(水)

場 所：淀川変圧器(株)関西工場

議 題：①JEM-TR236(建設工事に400V級電気設備施工指針)改正案審議 ②新製品説明会&工場見学

中 国 支 部



■令和5年度建設機械施工管理技術検定試験 試験監督者事前打合せ

月 日：6月5日(月)

場 所：広島YMCA会議室

出席者：竹田幸詞試験実施責任者ほか26名

内 容：実施要領・監督要領についての打合せ

■第1回広報部会

月 日：6月15日(木)

場 所：Web会議

出席者：錦織豊部会長ほか7名

議 題：広報誌(CMnavi)64号の編集と65号の編成について

■令和5年度1級2級建設機械施工管理技術検定試験 第一次検定・第二次検定(筆記)

月 日：6月18日(日)

場 所：広島工業大学専門学校

受験者：

1級第一次検定120名, 第二次検定(筆記)124名

2級第一次検定355名, 第二次検定(筆記)411名

四 国 支 部



■共催事業「ドローン操作訓練」

月 日：6月6日(火)

場 所：国営讃岐まんのう公園(多目的広場)

共催者：(一社)建設コンサルタンツ協会 四国支部, (一社)四国クリエイト協会, (一社)日本建設機械施工協会 四国支部, (一社)日本補償コンサルタント協会 四国支部, (株)建設マネジ

メント四国

参加者：共催団体から4社22名, ドローン6機(支部からは事務局長が参加)
内 容：公園休園日を利用して, 災害発生時に迅速に対応するため, 各社所有のドローンを用いて訓練を実施

■令和5年度建設機械施工管理技術検定一次検定・二次検定【筆記】試験

月 日：6月18日(日)

場 所：英明高等学校(高松市)

受験者：1級146名, 2級480名 計626名

九 州 支 部



■令和5年度i-con講習会打合せ

月 日：6月12日(月)

場 所：JCMA九州支部

出席者：鈴木i-con推進会議会幹事ほか4名

議 題：①令和5年度i-Con推進会議の開催について ②i-Con講習会運営について ③整備局記者発表について ④その他

■令和4年度建設機械施工管理技術検定学科試験

月 日：6月18日(日)

場 所：1級(福岡市)福岡ファッションビル, 2級(北九州市)豊国学園高等学校

■企画委員会

月 日：6月20日(火)

場 所：宝ビル1106会議室

出席者：原尻企画委員長ほか12名

議 題：①令和5年度第12回通常総会第1回運営委員会 議事録 ②令和5年度JCMA九州支部災害対策支援支部登録について ③令和5年度i-Con施工に係る九州支部生産性向上推進会議6月12日打合せ ④令和5年度JCMA九州支部の主要行事予定について ⑤令和5年度建設機械施工管理技術検定試験について ⑥九州支部運営体制について ⑦その他 整備局との意見交換会等

編集後記

8月も終盤に入ってもなお蒸し暑い日が続いていますが、皆様いかがお過ごしでしょうか。今年は新型コロナウイルスが感染症法上の5類に移行し、様々な制限が緩和されマスク着用が任意となるなど昨年よりは過ごしやすい夏だったと感じました。しかしながら、梅雨から夏にかけての記録的な大雨、猛暑と異常気象に苦しめられる夏でもあったと感じております。

毎年のように歴史に例を見ない地球温暖化の進行、気候変動に伴う災害が発生しており、河川の氾濫や地盤崩壊など全国各地に甚大な被害をもたらし、多くの人の生活に影響を与えています。被災地の復旧・復興や今後の気象災害リスクの高まりからも温暖化の防止、安定した地盤の確保は必須であり、土工事はこれらの対策において非常に重要な役割を担っています。

8月号は「土工事」です。土工事に関する最新技術、情報技術を駆使した土工機械、土地改良・地盤改良に関する特殊工法とその施工事例、土工事の情報となる地質・地盤の調査技術について取り上げました。

行政情報では、『道路土工構造物

技術基準の改定に向けた方向性』として、平成27年3月に制定された道路土工構造物技術基準の改定に向けた方向性について紹介いただきました。また『宅地造成及び特定盛土等規制法の施行』として、令和5年5月26日に施行された盛土規制法の概要や規制区域、規制対象など全体像についても紹介いただきました。

巻頭言は地盤工学会の古関会長に『土工事での締固めを見直す』と題し、締固めの計測・管理手法の開発と実用化にむけた今後の検討課題についてご執筆いただきました。

技術報文では、超大型ダンプによる自動運転システム、カーボンニュートラルを実現する地盤改良工法、省力化を実現する管理システムなど様々な開発技術を紹介いただきました。

交流のひろば、ずいそうでは興味深く楽しいお話をお伺いすることができました。

多くの方々から頂いた貴重な情報を共有させていただくことで読者の皆様、ひいては建設施工の一助となれば幸いです。

最後になりますが、突然のご依頼にも関わらず快くお受けいただいた執筆者の皆様、関係者の皆様には心より御礼を申し上げます。

(山本・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	高田 邦彦
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

渡邊 賢一	国土交通省
槻瀬 誠	農林水産省
木村 桂一	(独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹	(一社)日本機械土工協会
穴井 秀和	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
宇野 昌利	清水建設(株)
加藤 友希	(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)
平田 惣一	鉄建建設(株)
副島 幸也	(株)安藤・間
松澤 享	五洋建設(株)
飯田 宏	東亜建設工業(株)
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

9月号「安全対策・労働災害防止特集」予告

・建設業における安全衛生をめぐる現状 ・「建設機械の安全装置に関する技術」(NETISテーマ設定型)の取り組み ・AIを活用したクレーン自動操縦技術の研究 ・移動式クレーン Mastertech 7200G NEO 安全性向上機能の紹介 ・小型振動ローラ向け衝突被害軽減アシスト装置 ・重機遠隔操縦で新方式 砂防工事向け ・自走式ロボットによる路面マーキング作業の安全性および作業効率の向上 ・高所法面におけるV字吊ワイヤー遠隔操作油圧ショベルの開発経緯 ・ダム建設DX活用へ「新丸山ダム」 ・常設型転落防止システム「アクロバット」 ・MR技術を活用した施工現場における生産性向上に関する取り組み ・出水警報システム「T-alert®River」の河川工事への適用 ・骨伝導ヘッドセットを利用した安全管理 ・労働災害知識モデルに基づく安全AIシステムの開発

【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75巻第8号(2023年8月号)(通巻882号)

Vol.75 No.8 August 2023

2023(令和5)年8月20日印刷

2023(令和5)年8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; <http://www.jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所	〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154	電話 (0545) 35-0212
北海道支	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8	電話 (011) 231-4428
東北支	〒980-0014 仙台市青葉区本町 3-4-18	電話 (022) 222-3915
北陸支	〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1	電話 (025) 280-0128
中部支	〒460-0002 名古屋市中区丸の内 3-17-10	電話 (052) 962-2394
関西支	〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4	電話 (06) 6941-8845
中国支	〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22	電話 (082) 221-6841
四国支	〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22	電話 (087) 821-8074
九州支	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-4-30	電話 (092) 436-3322

本誌上への広告は  有限会社 サンタナ アートワークス までお申し込み、お問い合わせ下さい。

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

E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中

FA機器の最適無線化提案

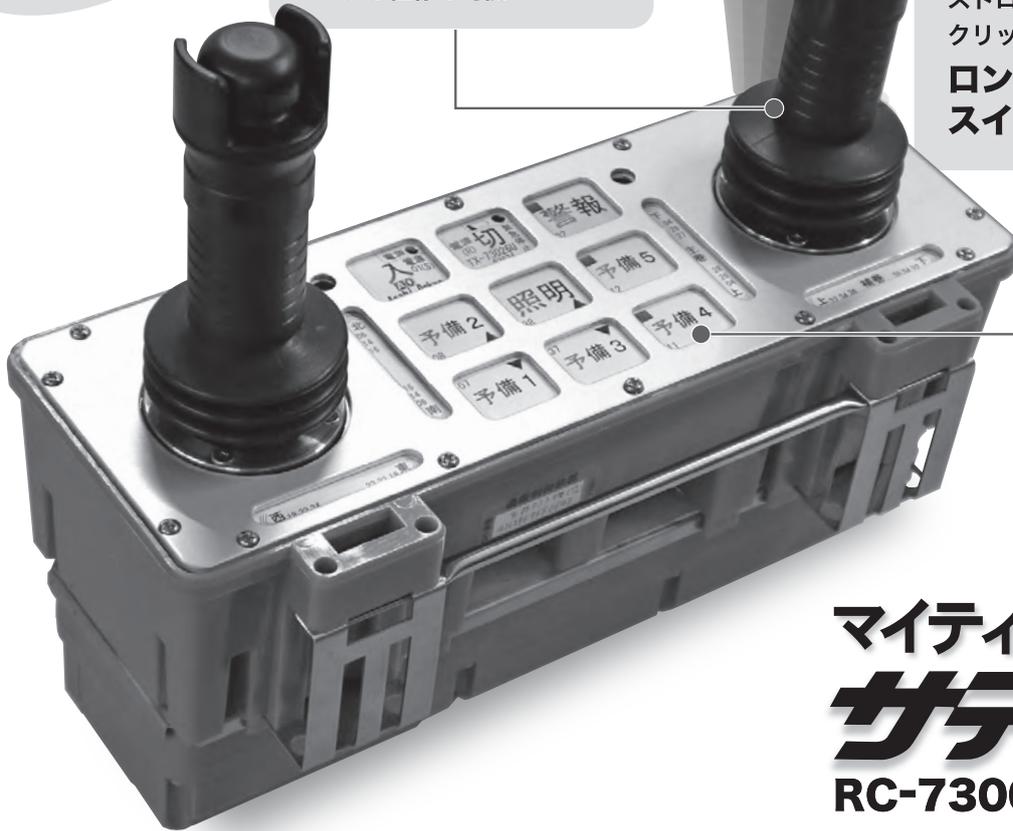
クレーン・搬送台車・建設機械・特殊車両他
産業機械用無線操縦装置

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
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

ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長

- コストパフォーマンスに優れる。
機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルな為運搬能力に対して安価である。
- 安全性に優れる
コンクリートバケットが堤体上空を横切らないので安全性に優れる。
- 環境に優しい。
河床に設置されるので、ダム天端付近の掘削を少なくできる。
- 大型機材の運搬も可能
専用吊り具で車両等の大型機材の運搬が可能。



吉永機械株式会社

〒130-0021 東京都墨田区緑4-4-3 TEL. 03-3634-5651
URL <http://www.yoshinaga.co.jp>

建設機械施工 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 / 締固め機械 / 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



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

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はメール、FAX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: _____

所属: _____

会社名(校名): _____

資料送付先: _____

電話: _____ FAX: _____

E-mail: _____

広告掲載 メーカー名	製品名

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**

単相
100V

出力
0.75kW

最大水量
580ℓ/min

HS3.75SL 型

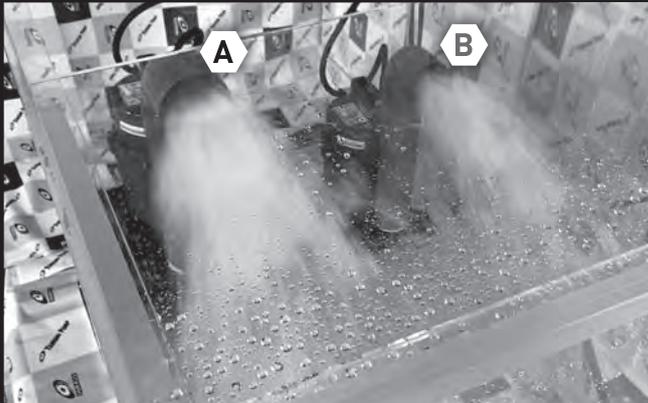
**コンパクト
なのに
大流量**



製品の詳細は
こちらの動画より
ご覧ください

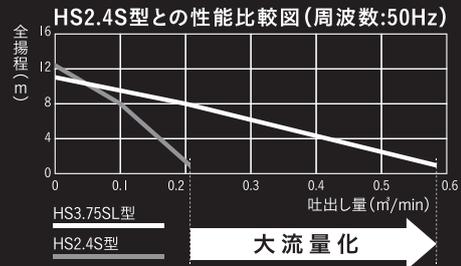


■水量比較



A HS3.75SL 型
(3インチタイプ)
最大水量 **580ml**

B HS2.4S 型
(2インチタイプ)
最大水量 **200ml**



株式会社 鶴見製作所

大阪本店：〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40
東京本社：〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8

TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800
TEL.(03)3833-9765 FAX.(03)3835-8429

北海道支店：TEL.(011)787-8385 東京支店：TEL.(03)3833-0331 北陸支店：TEL.(076)268-2761 近畿支店：TEL.(06)6911-2311 四国支店：TEL.(087)815-3535
東北支店：TEL.(022)284-4107 北関東支店：TEL.(028)613-1520 中部支店：TEL.(052)361-3000 中国支店：TEL.(082)923-5171 九州支店：TEL.(092)452-5001

Mikasa

http://www.mikasas.com

街づくりを支える、信頼の三笠品質。



転圧センサー

バイプロコンパクター

MVH-308DSC-PAS

NETIS No. TH-120015-VE

タンピングランマー

MT-55H



MVC-F60HS

NETIS No. TH-100006-VE



MRH-601DS

低騒音指定番号5097



FX-40G/FU-162A



MCD-318HS-SGK

低騒音指定番号6190

三笠産業株式会社

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社 〒101-0064 東京都千代田区神田猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL:06-6745-9631	北関東営業所 TEL:0276-74-6452	中国営業所 TEL:082-875-8561	沖縄出張所 TEL:080-1013-9328
札幌営業所 TEL:011-892-6920	長野出張所 TEL:080-1013-9542	四国出張所 TEL:087-868-5111	
仙台営業所 TEL:022-238-1521	中部営業所 TEL:052-504-3434	九州営業所 TEL:092-431-5523	
新潟出張所 TEL:090-4066-0661	金沢出張所 TEL:080-1013-9538	南九州出張所 TEL:080-1013-9547	

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

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

安全・高能率な掘削を実現!

全断面对応中硬岩用トンネル掘進機 ロードヘッダSLB-300S型

特長

1. 最大8.8mの掘削高さで、新幹線、高速道路トンネルの全断面掘削が可能。
2. 300kW:2速切換型電動機の採用により、広範囲の岩種に対応可能。
3. ピック先端に高圧水を散水させ、ピック冷却と粉塵防止。
4. モード切換式パワーコントロール装置により岩質、運転状況に応じて作動設定の変更が可能。
5. 運転操作が優れ、全操作がリモートコントロールで運転可能。
6. ケーブルリール装置により、電源ケーブルの取扱いが容易で移動が迅速。



製造・販売・レンタル及びメンテナンス

 株式会社 三井三池製作所

本店 / 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203

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

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

建設機械用 無線操作装置 **ダイワテレコン**



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機能・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



セカイをつなぐ
未来をひらく
User Conference 2023

ニコン・トリムブル / サイトックジャパン
2023年10月12日(木) 13日(金)
 9:30 ~ 17:30
 東京都立産業貿易センター-浜松町館 2F-5F (受付2F)
 入場無料 / 事前登録制



ニコン・トリムブル ユーザーカンファレンス

<https://uc.nikon-trimble.co.jp/2023/>



この度、弊社が皆様へ提供しております最先端ICT活用工事関連ソリューション等の展示・セミナー・基調講演イベント「UC2023 (ユーザーカンファレンス)」を開催する運びとなりました。左側のQRコード、URLからUC2023の事前登録、各セッションをお申込みいただけます。スタッフ一同、皆様のご来場を心よりお待ちしております。



SITECH-JAPAN.COM
 サイト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テック/ポート大樹生命ビル
 TEL:03-5710-2594 FAX:03-5710-2731

雑誌 03435-8



4910034350834
00800

「建設機械施工」 定価 八八〇円 (本体八〇〇円 + 税10%)