

一般社団法人

日本建設機械施工協会誌（Journal of JCMA）

2017

建設機械施工

5

Vol.69 No.5 May 2017(通巻807号)



特集

解体とリサイクル 廃棄物処理

産業用ロボットを応用した建設廃棄物選別システム

巻頭言 建設系廃棄物のリサイクルの今後の展望

技術報文

- 環境負荷を大幅に削減した解体工法を本格適用
- 解体コンクリートの現場内有効利用の多様化
- 産業用ロボットを応用した建設廃棄物選別システム
- 汚染土壌対策
- 放射能汚染土の分級減容化と再生利用に関する検討 他

交流の広場

新幹線地震対策技術の進化を振り返る

部会報告

- アスファルトプラントの変遷（その9）
- ISO/TC 127/SC 国際作業グループ会議報告

一般社団法人 日本建設機械施工協会

ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長

●コストパフォーマンスに優れる。

機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルなので運搬能力に対して安価である。

●安全性に優れる

コンクリートバケットが堤体上空を横切らないので安全性に優れる。

●環境に優しい。

河床に設置されるので、ダム天端付近の掘削を少なくできる。

●大型機材の運搬も可能

専用吊り具で車両等の大型機材の運搬が可能。



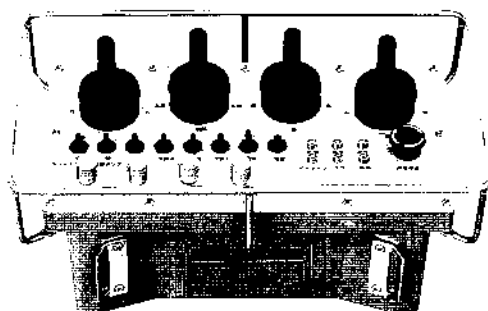
吉永機械株式会社

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

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

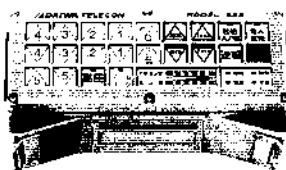
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

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

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

本社工場 〒474-0071 愛知県大府市梶田町 1-171
TEL 0562-47-2167 (直通) FAX 0562-45-0005
ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>
e-mail mgclub@daiwakiko.co.jp
営業所 東京、大阪、他

平成29年度「建設施工と建設機械シンポジウム」 ——暮らしを支える建設施工と建設機械——

論文・ポスターセッション発表の募集

1. 会 期：平成29年11月 8日(水)～11月 9日(木)
2. 会 場：機械振興会館（東京都港区芝公園3－5－8）
B2ホール、地下3階研修－1、2号室、B3－2
3. 主 催：一般社団法人 日本建設機械施工協会
4. 後 援：(順不同・予定)
国土交通省、経済産業省、独立行政法人土木研究所

※全国土木施工管理技士会連合会継続教育（CPDS）プログラム認定申請予定

5. 主 旨

本協会では、“建設機械と施工法”に関する技術の向上を目的に、技術開発、研究成果の発表の場として、「建設施工と建設機械シンポジウム」を毎年開催しております。

本年度も建設施工と建設機械分野の技術者や研究者相互の情報交換と技術力の研鑽の場を提供すべく、「暮らしを支える建設施工と建設機械」をテーマにシンポジウムを開催することになりました。このシンポジウムでは、下記の5つのテーマについて広く発表論文の募集を行うとともに、昨年度に引き続き幅広い参加を目的として、ポスターセッションの募集も併せて行います。また、優秀な論文、ポスターに対しては優秀論文賞、論文賞、審査員特別賞、優秀ポスター賞として表彰することを予定をしています。

本シンポジウムを建設施工と建設機械に関係する技術者の資質向上の場としてはもとより、産官学あるいは異業種間の交流連携の場としてなお一層活用して頂けることを期待しております。

以上の主旨と内容をご理解頂き、関連する各分野からの論文発表会、ポスターセッションに参加頂きますようご案内申し上げます。

6. 論文募集

(1) 募集内容

論文は、建設施工と建設機械に関する下記の項目のいずれかに該当する内容で応募頂いております。

- ① 災害、防災、復旧・復興
- ② 品質確保と生産性の向上
- ③ 環境保全、省エネルギー対策
- ④ 安全対策
- ⑤ 維持・管理・補修

(2) 募集要領

- ① 論文発表申込：「申込書1」により提出して下さい。

※「申込書1」は、当協会ホームページ(<http://www.jcmanet.or.jp/>)からダウンロードが出来ます。

- ② 論文アブストラクト提出締切日：平成29年6月1日(木) (事務局必着厳守)
- ③ 提出されたアブストラクトを審査の上、採用決定論文については後日、本論文の作成を依頼します。
(本論文の提出締切りは8月31日(木)の予定です。)
- ④ 本論文は、4頁、6頁を標準としますが、2頁も可とします。その構成(目的、方法、結果と考察、結論)、文章及び図表は学術論文に準じて下さい。なお、本文は本論文作成依頼の際に同送いたします当協会『論文執筆要項』に従って頂きます。
- ⑤ 論文発表時間：17分/編(発表：14分、質疑・応答：3分)

7. ポスターセッション募集

(1) 募集内容

ポスターセッションの発表内容は、6. 論文募集内容の5項目に準ずるものとし、以下のうち一つに該当するもので応募頂いております。

- ① より活発な意見交換が望まれる研究成果（研究途上成果を含む）[学生研究発表等]
- ② 新規開発技術・製品の発表、紹介[ベンチャー企業の技術開発成果等]
- ③ 既発表であっても有用性の高い（参加者への周知が望ましい）成果[技術審査証明事業等]
- ④ 最近関心が高まっている特定課題（防災、環境対策、i-Construction 施工による生産性の向上、省エネ対策技術）

(2) 募集要領

- ① 発表申込：「申込書2」により提出して下さい。
※「申込書2」は、当協会ホームページ(<http://www.jcmanet.or.jp>)からダウンロードが出来ます。
- ② **ポスターセッションアブストラクト提出期限：平成29年6月1日（木）（事務局必着厳守）**
- ③ 提出されたアブストラクトを審査の上、採用の可否を決定し通知します。ポスター、必要機器等は発表当日持込みとなります。
- ④ ポスターサイズはA0版（縦1189×横841mm）1枚とします。レイアウト上、ポスターの上端から100mm幅の帯を左端から右端まで通して設け、その範囲内に表題、発表者氏名を記入して下さい。なお、ポスター作成依頼の際に同送いたします当協会『ポスター作成依頼の作成要領』に従って頂きます。
- ⑤ ポスター前には長机を用意しますので、パンフレット、模型、ノート PC（バッテリー駆動）等による補助的なプレゼンテーションも可とします。（電源の延長コード等を含め、必要機材は発表者側で準備してください）
- ⑥ 発表時間：1日目 9:30～17:00（内、コアタイム1時間）
2日目 9:30～14:00
- ⑦ 募集数：20 編程度

8. 表彰

(1) 論文

審査委員会による論文査読審査・発表状況審査を経て、優秀な論文に対して論文賞、優秀論文賞、審査員特別賞として表彰いたします。

なお、優秀論文賞、論文賞を受賞した論文は、申請して頂くことにより平成30年度日本建設機械施工大賞の候補といたします。

(2) ポスター

実行委員会委員によるポスターと発表の内容の総合的な審査を経て、優秀なポスターに対して優秀ポスター賞として表彰いたします。

9. 参加費：論文、ポスターセッション発表者は無料で参加頂けます。

10. 注意事項

審査の結果により、発表頂けない場合がありますので予めご了承ください。

また、審査の結果により、発表方法（論文発表、ポスターセッション発表）の変更をお願いすることがありますので予めご了承ください。

さらに、論文の提出時に著作権譲渡書を預託頂き、委員会にて採用が決定した場合は当該譲渡書を提出したものとさせていただきます。

◆ 問合せ先、送付先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

一般社団法人 日本建設機械施工協会 シンポジウム実行委員会事務局（担当：水口・安川）

TEL:03-3433-1501 FAX:03-3432-0289

ISO/TC 127 広島国際会議のご案内

当協会では会員各社の国際的な活躍に寄与すべく、国の了承の下、皆様の御支援により建設機械の国際標準化活動に長年にわたり参画しております。

国際標準化機構(ISO)の傘下で、油圧ショベルなど土工機械の国際標準化を推進する専門委員会(TC)である ISO/TC 127 は、加盟各国の持ち廻りで 1 年半毎に世界各地で総会を開催しております。1996 年 4 月に東京で開催して以来 21 年目に当たる本年、再び日本の順番となりました。

ついては、ISO/TC 127 を招致し、2017 年 6 月中旬に広島市で「**第 25 回 ISO/TC 127 総会**」を開催することが承認され、既に各国代表機関へ案内を送付致しました。

ISO/TC 127 国際会議は、欧州・米国・アジア太平洋諸国から数十名の専門家が毎回出席し、安全要求・作業性能など、土工機械の開発に深く関わる共通案件の国際標準化を議論する場があります。と同時に、建設機械施工に携わる世界各国の技術者が一堂に会し、製品や使用方法を取り巻く様々な国際的状況について相互理解を深め、また、異文化交流を通じて親睦を図る機会でもあります。

以下の要領で ISO/TC 127 広島総会(国際会議)を開催致します。ご関心のある会員各社のご参加を心よりお待ちしております。また、趣旨にご賛同いただける場合は、以下の通りご協賛を承っておりますので、事務局までお知らせ頂けますよう併せてお願い申し上げます。

平成 29 年 4 月

記

ISO/TC 127 広島総会(国際会議)

- 1. 日程:** 平成 29 年 6 月 11 日(日)(議長諮問会議 及び レセプション)
6 月 12 日(月)～6 月 15 日(木)(総会)
※6 月 14 日(水)会議終了後、社交行事を予定
6 月 16 日(金)(作業グループ会議)
- 2. 場所:** 広島国際会議場 〒730-0811 広島県広島市中区中島町 1-5(平和記念公園内)
<http://www.pcf.city.hiroshima.jp/icch/>
- 3. 協賛方法:** 50,000 円／1 口から承ります。
(開催日迄にご希望の会社宛てに請求書を送付させて頂きます)
ご協賛頂いた各社社名を、次ページ表示(案)の様に会場で披露させて頂く予定です。
- 4. 問い合わせ窓口:** 協会標準部 西脇／小倉 Tel 03-3433-1501
e-mail: jcmastd@jcmanet.or.jp

以 上

(次ページも参照)

ISO/TC 127 広島総会(国際会議)のご案内

広島国際会議場 周辺地図



交通案内 (主要交通機関での所要時間)

JR 広島駅から 路線バス:約 20 分、市内電車:約 25 分、タクシー:約 15 分

広島空港から リムジンバス:約 70 分、タクシー:約 50 分

広島港(宇品港)から 路線バス:約 25 分、市内電車:約 35 分、タクシー:約 20 分

広島バスセンターから 徒歩:約 10 分

(詳細は広島国際会議場ホームページ等を参照:<http://www.pcf.city.hiroshima.jp/icch/>)

協賛いただいた各社の社名表示(案)

(A0 サイズ程度のボードで掲示する予定)

KOMATSU

HITACHI

KOBELCO

CATERPILLAR®

「平成29年度版 建設機械等損料表」を発売しました。

一般社団法人 日本建設機械施工協会は、書籍「平成29年度版 建設機械等損料表」を下記の通り発売しました。

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

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

***** 記 *****

■発売日 : 平成29年4月17日

■体 裁 : A4版、モノクロ、約465ページ

■内 容

平成29年度版の構成項目は以下のとおりです。

第Ⅰ章 機械損料の構成と解説

第Ⅱ章 関連通達・告示等

第Ⅲ章 損料算定表の見方(要約版)

第Ⅳ章 建設機械等損料算定表

第Ⅴ章 船舶損料算定表

第Ⅵ章 ダム施工機械等損料算定表

第Ⅶ章 除雪用建設機械等損料算定表

■改訂内容

- ・最新燃料・電力消費率一覧表掲載
- ・損料の算出例を掲載

■定価

一般価格 8,640円 (本体 8,000円)

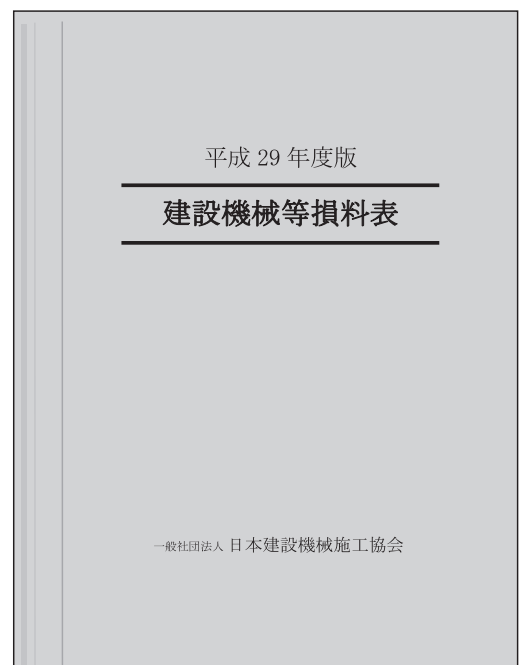
会員価格 7,344円 (本体 6,800円)

※送料は一般・会員とも

一律600円 沖縄県460円

※複数又は他の発刊本と同時申し込みの場合は
別途とさせていただきます。

***** 以上 *****



書籍の表紙イメージ

■書籍に関するお問い合わせ先

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館内)

一般社団法人 日本建設機械施工協会 (電話 03-3433-1501)

ICTを活用した建設技術 (情報化施工)

2017.3
発行!

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

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

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

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

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

主な内容

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



定 価

※送料別途

一般価格

1,296円(本体1,200円)

会員価格

1,080円(本体1,000円)

学生価格

(学校からの申込みに限る)

648円(本体600円)

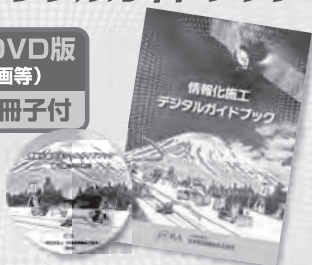
実務者向け!!

情報化施工デジタルガイドブック

デジタルブックDVD版
(デジタル画像・動画等)

プレビューA4版冊子付

好評刊行中!



一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

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

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

JCMA 図書

検 索

ICTを活用した建設技術（情報化施工）

購入申込書

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

ICTを活用した建設技術
（情報化施工）

部



上記図書を申込みます。

平成 年 月 日

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

●お申込方法

FAXにて、当協会本部または最寄りの各支部あてにお申込み下さい。

（注）沖縄地区は、本部へお申込みください。

●お問合せ及びお申込先

支部名	住 所	TEL	FAX
本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	(03)3433-1501	(03)3432-0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北3条西2-8 さっけんビル	(011)231-4428	(011)231-6630
東 北 支 部	〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18 太陽生命仙台北町ビル	(022)222-3915	(022)222-3583
北 陸 支 部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	(025)280-0128	(025)280-0134
中 部 支 部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル5F	(052)962-2394	(052)962-2478
関 西 支 部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	(06)6941-8845	(06)6941-1378
中 国 支 部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	(082)221-6841	(082)221-6831
四 国 支 部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイトビル	(087)821-8074	(087)822-3798
九 州 支 部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30 いわきビル	(092)436-3322	(092)436-3323

2016年版 日本建設機械要覧

発刊ご案内

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

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



発 刊 日

平成28年3月末

体 裁

B5判、約1,340頁／写真、図面多数／表紙特製

価 格

一般価格 52,920円（本体49,000円）

会員価格 44,280円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円（税込）となります。

（複数冊の場合別途）

特 典

2016年版日本建設機械要覧購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版、2004年版、2007年版、2010年版及び2013年版日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2016年版を含めると1998年から2015年までの建設機械データが活用いただけます。

2016年版 内容目次

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

今後の予定

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

◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

日本建設機械要覧 2016年版	冊
-----------------	---

上記図書を申込み致します。

平成 年 月 日

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

◆ 申込方法 ◆

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

（注）関東・甲信・沖縄地区は本部へ、その他の地区は最寄の下記支部あてにお申込み下さい。

〔お問合せ及びお申込先〕

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	TEL 03 (3433) 1501 FAX 03 (3432) 0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 さつけんビル	TEL 011 (231) 4428 FAX 011 (231) 6630
東 北 支 部	〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18 太陽生命仙台北町ビル5F	TEL 022 (222) 3915 FAX 022 (222) 3583
北 陸 支 部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128 FAX 025 (280) 0134
中 部 支 部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394 FAX 052 (962) 2478
関 西 支 部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL 06 (6941) 8845 FAX 06 (6941) 1378
中 国 支 部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841 FAX 082 (221) 6831
四 国 支 部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイイトビル	TEL 087 (821) 8074 FAX 087 (822) 3798
九 州 支 部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30 いわきビル	TEL 092 (436) 3322 FAX 092 (436) 3323

ご記入いただいた個人情報は、お申込図書の配送・支払い確認等の連絡に利用します。また、当協会の新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）送付に利用する場合があります。

（これらの目的以外での利用はいたしません）当協会のプライバシーポリシー（個人情報保護法方針）は、ホームページ（http://www.jcmanet.or.jp/?page_id=422）でご覧いただけます。

当協会からのダイレクトメール（DM）送付が不要な方は、下記口欄にチェック印を付けてください。

☐ 当協会からの新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）は不要

2016年版 日本建設機械要覧 電子書籍(PDF)版 発売通知

当協会では、国内における建設機械を網羅した『日本建設機械要覧』を2016年3月に刊行し、現場技術者の工事計画の立案、積算、機械技術者の建設機械のデータ収集等に活用頂き、好評を頂いております。

このたびこの建設機械要覧に関して更に便利に活用いただくよう新たに次の2種類の電子書籍（PDF）版を発売いたしますので、ここにご案内申し上げます。

是非とも活用いただきたく、お願い申し上げます。

1	商品名	日本建設機械要覧2016 電子書籍（PDF）版		建設機械スペック一覧表、 電子書籍（PDF）版
2	形態	電子書籍（PDF）		電子書籍（PDF）
3	閲覧	Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス		Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス
4	内容	要覧全頁		spec一覧表
5	改訂	3年毎		3年毎
6	新機種情報	要覧クラブで対応		要覧クラブで対応
7	検索機能	1.単語検索		1.単語検索
8	附属機能 注）タブレット・スマートフォンは、一部機能が使えません。	・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・目次からのリンク ・各章ごと目次からのリンク ・索引からのリンク ・メーカーHPへのリンク		・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・メーカーHPへのリンク
9	予定販売 価格 (円・税込)	会員	54,000（3年間）	48,600（3年間）
		非会員	64,800（3年間）	59,400（3年間）
10	利用期間	3年間		3年間
11	同時ログイン	3台		3台
12	認証方法	ID+パスワード		ID+パスワード
13	購入方法	WEB上にて申込み（HP参照下さい）		WEB上にて申込み（HP参照下さい）

発売時期

平成28年5月末 HP：http://www.jcmanet.or.jp/

Webサイト 要覧クラブ

2016年版日本建設機械要覧およびスペック一覧表電子書籍（PDF）版購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版、2004年版、2007年版、2010年版及び2013年版日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2016年版を含めると1998年から2015年までの建設機械データが活用いただけます。

また、同じ要覧クラブ上で新機種情報も閲覧およびダウンロードできます。

様々な環境で閲覧できます。
タブレット、スマートフォンで外出先でもデータにアクセス



今後の予定

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

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

初の
実務者向け入門版!!

情報化施工 デジタルガイドブック

2014.3
発刊!

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

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

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

特 徴

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

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

Windows版



デジタルブックDVD版
(デジタル画像・動画等)
プレビューA4版冊子付

情報化施工 デジタルガイドブック

JCMA 一般社団法人
日本建設機械施工協会

定 価

一般価格

2,160円 (本体2,000円)

会員価格

1,944円 (本体1,800円)

※送料別途

主な内容

1

情報化施工
のあらまし

2

情報化
施工技術の
種類

3

情報化施工
の適用工種

4

情報化施工
の運用手順

5

建設機械・
測量機器リスト

6

情報化
施工データ

7

情報化施工
の導入効果

8

導入事例

9

用語の説明

一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

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

JCMA 図書

検 索

論文投稿のご案内

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

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

★投稿対象

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

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

★部門

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

★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

★原稿の受付

随時受け付けます。

★公表の方法

当協会機関誌に掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内 ◆

会 費：年間 9,000円

個人会員は、日本建設機械施工協会の定款に明記されている正式な会員で、本協会の目的に賛同され、建設機械・施工技術に関心のある方であればどなたでも入会頂けます。

★個人会員の特典

- 「建設機械施工」を機関誌として毎月お届け致します。(一般購入価格 1冊864円/送料別途)。
「建設機械施工」では、建設施工や建設機械に関わる最新の技術情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告などのほか、新工法・新機種の紹介や統計情報等の豊富な情報を掲載しています。
- 協会発行の出版図書を会員価格(割引価格)で購入できます。
- シンポジウム、講習会、講演会、見学会等、最新の建設機械・建設機械施工の動向にふれることができる協会行事をご案内するとともに、会員価格(割引価格)で参加できます。

今後、続々と個人会員の特典を準備中です。この機会に是非入会下さい!!

◆ 一般社団法人 日本建設機械施工協会について ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会は、建設事業の機械化を推進し、国土の開発と経済の発展に寄与することを目的として、昭和25年に設立された公益法人です。国土交通省および経済産業省の指導監督のもと、建設の機械化に係わる各分野において調査・研究、普及・啓蒙活動を行い、建設の機械化や施工の安全、環境問題、情報化施工、規格の標準化案の作成などの事業のほか、災害応急対策の支援等による社会貢献などを行っております。今後の建設分野における技術革新の時代の中で、より先導的な役割を果たし、わが国の発展に寄与してまいります。

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

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

■会員構成

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

■主な事業活動

- ・学術研究、技術開発、情報化施工、規格標準化等の各種委員会活動。
- ・建設機械施工技術検定試験の実施。
- ・機関誌「建設機械施工」をはじめ各種技術図書・専門図書の発行。
- ・建設機械と施工技術展示会“CONET”の開催。除雪機械展示会の開催。
- ・シンポジウム、講習会、講演会、見学会等の開催。海外視察団の派遣。 etc.

■主な出版図書

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

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

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

※お申し込みには次頁の申込用紙を使用してください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会 個人会員に入会します。

平成 年 月 日

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

【会費について】年間 9,000円

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

【その他ご入会に際しての留意事項】

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

【個人情報の取扱について】

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

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	H29 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 29 年度版	10,800	9,180	600
2	H29 年 4 月	平成 29 年度版 建設機械等損料表	8,640	7,344	600
3	H29 年 4 月	ICT を活用した建設技術 (情報化施工)	1,296	1,080	400
4	H28 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,240	2,160	500
5	H28 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2016	6,480	5,508	500
6	H28 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 28 年度版	6,480	5,508	500
7	H28 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 28 年度版	10,800	9,180	600
8	H28 年 5 月	平成 28 年度版 建設機械等損料表	8,640	7,344	600
9	H28 年 3 月	日本建設機械要覧 2016 年版	52,920	44,280	900
10	H26 年 3 月	情報化施工デジタルガイドブック 【DVD 版】	2,160	1,944	400
11	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	972	864	250
12	H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック (改訂 4 版)	6,480	5,502	600
13	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,240		400
14	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷 【CD】	3,240		250
15	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,160	1,851	400
16	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,376	2,160	400
17	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,024	2,560	500
18	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,086		500
19	H18 年 2 月	建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説	3,456	2,880	400
20	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)*	1,029		250
21	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)*	5,142		600
22	H15 年 7 月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,620	1,512	400
23	H15 年 6 月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル (案)	1,944		400
24	H15 年 6 月	機械設備点検整備共通仕様書(案)・機械設備点検整備特記仕様書作成要領(案)	1,944		400
25	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	540		250
26	H13 年 2 月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック (第 3 版)	6,480	6,048	500
27	H12 年 3 月	移動式クレーン、杭打機等の支持地盤養生マニュアル (第 2 版)	2,675	2,366	400
28	H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	8,208		600
29	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,320		500
30	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,700		400
31	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル*	3,888	3,456	500
32	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,160	1,944	400
33	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,229	7,714	500
34	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,172	5,554	500
35	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,079	9,565	600
36	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック 【POD 版】	10,800	9,720	500
37	S 60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック*	6,480		500
38		建設機械履歴簿	411		250
39	毎月 25 日	建設機械施工 【H25.6 月号より図書名変更】	864	777	400
			定期購読料 年 12 冊 9,252 円(税・送料込)		

購入のお申し込みは当協会 HP <http://www.jcmanet.or.jp> の出版図書欄の「ご購入方法」の「図書購入申込書」をプリントアウトし、必要事項を記入してお申し込みください。

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

特 集

巻頭言

特集・
技術報文

解体とリサイクル，廃棄物処理

4 建設系廃棄物のリサイクルの今後の展望

嘉門 雅史 一般社団法人環境地盤工学研究所 理事長

5 環境負荷を大幅に削減した解体工法を本格適用

シミズ・クールカット工法

奥山 信博 清水建設㈱ 生産技術本部技術開発グループ

加藤 和也 清水建設㈱ 関東支店群馬営業所

八幡 孝行 清水建設㈱ 関東支店群馬営業所

11 最新の超大型建物の解体機

SK2200D

山崎 隆典 コベルコ建機㈱ グローバルエンジニアリングセンター 環境機械開発部 部長

和田 一朗 コベルコ建機㈱ グローバルエンジニアリングセンター 環境機械開発部 特機開発グループ

15 各種技術を駆使したダム撤去工事

宮地 利宗 ㈱フジタ 九州支店 土木工務部 荒瀬ダム作業所長

野間 達也 ㈱フジタ 建設本部 土木 EC トンネルシールド部 主席コンサルタント

21 解体コンクリートの現場内有効利用の多様化

ガラダム工法の適用範囲・施工法の拡充

西 正晃 安藤ハザマ 技術本部技術研究所建築研究第二部 主任研究員

26 大規模土工事における岩塊の有効活用と搬送設備のリユース

東松島市野蒜北部丘陵地区震災復興事業における取り組み

白土 稔 大成建設㈱ 東松島市野蒜北部丘陵地区震災復興事業

大成・フジタ・佐藤・国際開発・エイティ日技共同企業体 統括管理技術者兼作業所長

新井 健司 大成建設㈱ 東松島市野蒜北部丘陵地区震災復興事業

大成・フジタ・佐藤・国際開発・エイティ日技共同企業体 工事課長代理

33 震災コンクリートがらを利用した海水練りコンクリートの製造・施工

新村 亮 ㈱大林組 生産技術本部 技術第一部 上級主席技師

竹田 宣典 広島工業大学 工学部 環境土木工学科 教授

39 産業用ロボットを応用した建設廃棄物選別システム

中村 聡 東急建設㈱ 技術研究所 メカトログループ 主席研究員

井上 大輔 東急建設㈱ 技術研究所 メカトログループ 主任研究員

白井 菜月 東急建設㈱ 技術研究所 メカトログループ 研究員

45 植物廃材を活用した「バイオマスガス発電」

渡辺 真人 東日本高速道路㈱ 関東支社 宇都宮管理事務所 所長

堀井 秀基 東日本高速道路㈱ 関東支社 宇都宮管理事務所 施設担当課長

喜久里政宏 鉄建建設㈱ 土木本部エンジニアリング企画部 担当次長

49 汚染土壌対策

戦略的な土地活用を支援する「サステナブルレメディエーション」に基づく
評価ツールの開発 SGRT-T

古川 靖英 竹中工務店 技術研究所 エコエンジニアリング部 主任研究員

舟川 将史 竹中工務店 環境エンジニアリング本部 主任

54 新東名高速道路における建設時の重金属含有土対策

山脇 慎 中日本高速道路㈱ 金沢支社 環境・技術管理部 環境・技術チーム チームリーダー

	58	簡易破碎方式によるベントナイト混合土を用いた遮水層の効率的施工技術 T-Combination クレイライナー工法による現地発生土の有効利用 磯 さち恵 大成建設㈱ 原子力本部 原子力技術第三部 本島 貴之 大成建設㈱ 原子力本部 原子力技術第三部 森川 義人 大成建設㈱ 関西支店
	64	港湾内放射性汚染物質の被覆・封じ込め 1F 港湾内海底土被覆工事の概要 橋本 敦 1F 港湾内海底土被覆工事共同企業体（五洋・東亜 JV） 現場代理人 斎藤 奨司 1F 港湾内海底土被覆工事共同企業体（五洋・東亜 JV） 工事課長 小松 広季 1F 港湾内海底土被覆工事共同企業体（五洋・東亜 JV） 工事主任
	67	放射能汚染土の分級減容化と再生利用に関する検討 田中 真弓 鹿島建設㈱ 土木管理本部 土木技術部 要素技術開発グループ 課長代理 川端 淳一 鹿島建設㈱ 技術研究所 主席研究員 兼 岩盤・地下水グループ長 小澤 一喜 鹿島建設㈱ 技術研究所 岩盤・地下水グループ 上席研究員
交流の広場	73	新幹線地震対策技術の進化を振り返る 島村 誠 鉄建建設㈱ 顧問
ずいそう	78	泥水シールド工法創生期 齋藤 雅春 ㈱ジェイテック 代表取締役社長
	80	晴耕雨読の夢？ 川村 和幸 荒井建設㈱ 副社長
部会報告	83	アスファルトプラントの変遷（その9） 機械部会 路盤・舗装機械技術委員会（アスファルトプラント変遷分科会）
連載	91	ISO/TC 127/SC 国際作業グループ会議報告 標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会
	103	除雪現場見学会 機械部会 除雪機械技術委員会
	105	新工法紹介 機関誌編集委員会
	108	新機種紹介 機関誌編集委員会
統計	117	平成 29 年度 公共事業関係予算 機関誌編集委員会
	122	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
	123	行事一覧（2017 年 3 月）
	126	編集後記（上田・竹田）

◇表紙写真説明◇

産業用ロボットを応用した建設廃棄物選別システム

写真提供：東急建設㈱

現場で発生した建設混合廃棄物を産業用ロボットで自動選別するシステムである。ベルトコンベアで搬送される廃棄物をカメラで撮影し、色や形、質感から自動で種類を判定し、その情報をもとにロボットアームを動作させ種類別に回収する。ロボットや AI 技術を駆使して労働力不足や苦渋作業に対応する技術開発が進められている。

2017 年(平成 29 年)5 月号 PR 目次
【ア】朝日音響㈱……………表紙 3
【カ】コベルコ建機㈱……………後付 1

コマツ……………表紙 4
【サ】サンタナアートワークス……………後付 3
【ク】大和機工㈱……………表紙 2

【マ】マルマテクニカ㈱……………後付 2
三笠産業㈱……………後付 4

【ヤ】吉永機械㈱……………表紙 2

巻頭言

建設系廃棄物のリサイクルの 今後の展望

嘉 門 雅 史



建設廃棄物のリサイクルに関する国の取組の嚆矢として、平成9年の建設リサイクル推進計画97を挙げることができる。平成12年に「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律」、いわゆる建設リサイクル法が制定され、業界挙げての取組が進んだ。それ以降、建設リサイクル推進計画2002、2008、2014を経て、現状では建設廃棄物のリサイクル率は96%に達しているとされている。推進計画2008からは建設発生土をも含めた建設系廃棄物のリサイクルの一体的取組も進められている。

本特集は、建築・土木構造物の解体、廃材の再利用技術や工法、さらには東日本大震災による災害廃棄物や津波堆積物の収集・運搬・処理技術、除染廃棄物の適正処理など極めて多岐にわたる廃棄物への取組を取り上げた、意欲的な試みとなっている。土木施工技術の高度な対応能力を端的に示すものであろう。関係各位の災害系も含めた建設系廃棄物のリサイクル推進への尽力の成果であると深く敬意を表するものである。

建設リサイクル推進計画2014は、建設副産物実態調査（平成24年度実績）に基づいて、直近の国の施策の推進のための基本的な考え方と目標、具体的な取組等を示している。その中には建設系廃棄物の再資源化等の状況の変化を早期に確認できるように建設副産物の物流モニタリングの精緻化や、官民一体となった建設発生土のさらなる有効利用を図るマッチング制度の創設を盛り込んだ。平成29年3月には中間年としての報告がなされた。物流モニタリングについては用いるデータベース（国土交通省はe-reverse.comを使用した）によって先の実態調査結果からの乖離がみられること、電子マニフェストを扱うJWNET（日本産業廃棄物処理振興センター）が利用割合を平成28年度に50%にまで拡大するという環境省の目標設定で取り組んでいるが、現状は47%に留まっていること等もあって、整合性の取れた物流モニタリングには至っていないことが判明している。データベース間でカバーする範囲に差があることが原因の一つと推測されるので、統合化の推進が重要な課題であろう。

建設発生土については、JACIC（日本建設情報総合センター）を通じて官民マッチングが試行的に実施されている。平成29年2月末時点で公共216機関、民間89社の参画に留まっており、今後さらなる拡大が求められる。建設発生土は建設工事量に比例して増大することが明白であり、行き場のない建設発生土が不適正処分され、環境劣化を来さないように、全ての関係者の積極的な取組が必須であろう。

廃棄物の不適切処理としての不法投棄量は総量が低減しているものの、業種間割合で建設業が依然として約8割を占めている。建設混合廃棄物の排出先として大きなウエイトを占め、長く懸案事項とされた解体業の独立が、平成28年6月から建設業法上に位置付けられた。現在280万tの建設混合廃棄物排出量の86%が建築工事（大半が民間）によっており、地域による再資源化等率にも差があることから、今後の解体業としての適切な運営が期待される。

東日本大震災で2000万 m^3 に及ぶ災害廃棄物や津波堆積物が発生したが、適正な分別と復興資材化への取組によって、ほぼ対応が終了している。これらの施策は災害多発時代における事前復興施策としても整備が進みつつあり、例えば熊本地震での災害廃棄物対策へと展開されていることは特筆されるべきであろう。また、放射能に汚染された除染廃棄物の処理は今後も重要な課題であり、1000万 m^3 以上にも及ぶ除去廃棄物の適正管理は国全体の課題として今後も関わっていかねばならない。

建設系廃棄物のリサイクルについては、兼ねてから広報が重要であることから、建設リサイクルの見える化を積極的に進めるように提言したが、建設業界でのIoTやAI化の導入が大規模に実施されていることのPRを含めて今後リサイクルのさらなる活性化によって、廃棄物の処理という視点から新たな循環資材の提供に基づいて環境創造に積極的に取り組んでいる姿勢を示すことが大切であろう。今後ますますの発展を期待したい。

環境負荷を大幅に削減した解体工法を本格適用

シミズ・クールカット工法

奥山 信博・加藤 和也・八幡 孝行

解体工事における、騒音や粉じんなどの環境負荷削減と工期短縮、及び作業安全化を図り、中でも環境負荷が最も大きいと考えられる、SRC/RC 構造物解体を対象としては初めての解体システム工法「シミズ・クールカット工法」（以下「本工法」という）を構築し、このほど、解体工事全体に適用を行った。

本工法は、破碎機による、部材の破碎・破断解体ではなく、部材をブロック状に切断し、その切断部材をクレーンで吊り降ろして、基本的にはそのままトラックで搬出し、中間処理場で処分する解体工法である。

本工法における中核技術は、柱や大梁を安全に効率的に切断する、「クールカットシステム」（以下「本システム」という）である。

本稿では、本解体工法の概要や施工事例について報告する。

キーワード：建築、切断機、解体、ブロック切断、ワイヤーソー、クールカット

1. はじめに

建築物の解体工法としては、高層以上の一部の鉄骨造建築解体に、鉄骨部材をガス切断して解体するブロック切断工法も適用されつつあるが、通常は、S 造、SRC 造、RC 造を問わず、中・大型破碎機を用いた、破碎・破断工法を適用しており、騒音や振動、及び粉じんによる環境負荷の大きさや工事の安全性など、課題の多い工事となっている。

本工法は、上記の環境負荷低減などの課題に対応を図り、SRC/RC 造構造物解体向けとしては初めての解体システム工法として、2013 年に解体工法の総合的な検討と開発を行ったものであり、その一環として柱や大梁の切断用に開発した本システムによる、柱や大梁の単材切断試験施工を経た後、2016 年 9 月から躯体

全体の解体施工を実施した（写真—1）。

2. 従来の解体工法における課題

従来の解体方法は、大型破碎機による「地上解体方式」や中型破碎機を作業階に上げて、上階より順次解体を行う「階上解体方式」があるが、いずれも部材の破碎・破断による解体のため、次のような課題が有る。

（1）粉じん、振動、騒音などの環境負荷の大きさ

粉じんが多量に発生し、また騒音も大きいため、近隣周辺への環境影響が大きく、マンションやホテル周辺などの環境では、作業時間の制限など発生する場合が有る。

また、重機の移動や、解体した部材の搬出において、



写真—1 本工法適用による解体状況



写真—2 従来の破碎による解体作業の状況

作業階から地上階まで、部材を落下させて回収する際の振動や騒音も加わる。

このような環境上の課題への対策は、現場へ仮設屋根カバーなどを設ける方法も考えられるが、費用が高額になる可能性があり、また振動のように防ぎきれない問題も残る（写真—2）。

(2) 更なる作業安全確保

部材を破碎・破断する際に、作業場所から外部への小さなガラなどの飛来落下や、破碎機にて柱部材を内側へ転倒させる際に、柱部材が外部側へ落下する事故が有るなど、作業安全上の課題が多いため、作業には細心の注意を要し、安全確保が求められている。

(3) 工程上の課題

特にSRC造の場合は、鉄骨の破断やパネルゾーンでの、鉄骨とコンクリートの剥離と分別などで手間取り、工程上の課題が有る。

以上の従来工法の主な課題への対処を目的として、本工法を開発した。本工法の開発方針、概要と施工事例を次に記載する。

3. 開発方針

本工法開発において設定した開発方針は次の通りである。

①効率的で安全なブロック切断工法を確立する。

環境負荷低減と安全性向上のため、SRC/RC構造部材をブロック状に切断して、部品を分解するように

解体する「ブロック切断方式」を採用し、破碎機による破碎や破断作業からの転換を図る。

また、切断した部材は、クレーンで効率的に吊り降ろし、解体作業階からのガラや廃材の自由落下による、従来の回収作業を排除する。

また、効率的な部材切断のため、対象部材切断毎に最適な切断手段を選択し、それらのベストミックスを図る。工法全体概要図を、図—1に示す。

②効率的で安全な、SRC/RC構造の柱や大梁の切断を実現する。

本工法の中核技術として、新たな切断システムである、本システムを開発する。

③効率的な切断部材の保持と搬出を実現する。

特にSRC/RC構造のブロック切断解体では、切断中や切断後の部材保持や玉掛け方法も課題である。

切断における切断部材のサポートの段取替え削減や、クレーンに部材を玉掛け・保持した状態で切断を行う場合のクレーン待ち時間削減のため、効率的なサポートと搬出を行うための治具類を計画する。

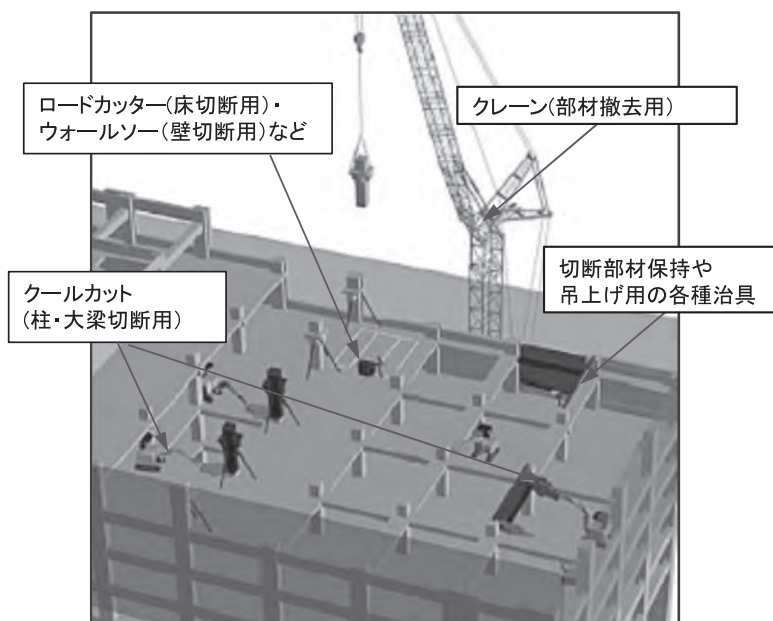
4. 本工法 構成技術概要

上記方針に基づき、対象部材毎に最適な切断装置を用いて部材を切断するため、本工法において適用した主な切断機械は、次の通りである。

(1) 切断装置・機械

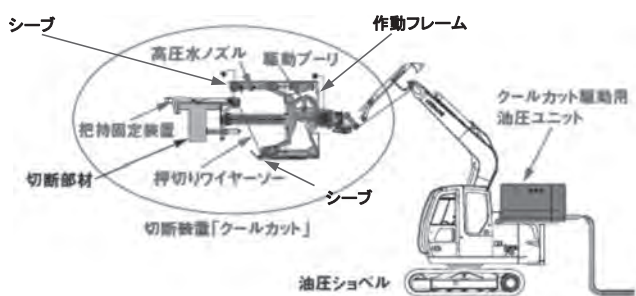
(a) 本システム

切断手段の中核技術として、柱や大梁切断用に開発



図—1 本工法全体概要図

した。押切りワイヤーソー機構と周辺必要機構を一体化した切断装置「クールカット」(以下「本装置」という)を、ベースマシンである油圧ショベル(0.25 m³)のアーム先端に装備したものであり、基本的に作業員1名で切断対象部材へ簡単に移動して、位置決め・設置・切断作業を行うシステムである。なお、油圧ショベルには本装置作動用の油圧ユニットを装備する(図—2 参照)。



図—2 本システム

本装置については、(株)コンセックと共同開発を行った。詳細は次章に記載する。

(b) ウォールソー

壁などの切断に用いる(写真—3)。



写真—3 ウォールソー (壁切断)

(c) 道路カッター

床版切断用として用いる。

(d) 引き切りワイヤーソー

主に、階段切断や複合形状部材などに用いる。

(2) 各種切断部材保持サポートなどの機材

SRC/RC 構造部材を切断する間や切断後も、作業階からの部材サポートが必要となるが、部材サポートの盛替などに手間が掛かり、場所も必要とする。またクレーンで部材を吊った状態として吊り切りを行う場合には、クレーンの稼働率に支障が有る。

この対策として、大梁部材を保持固定する吊りビー

ムを計画するなど、対象部材毎に特殊保持サポートやブラケットを製作した。

5. 本装置概要

装置本体を、写真—4 に示す。



写真—4 本装置

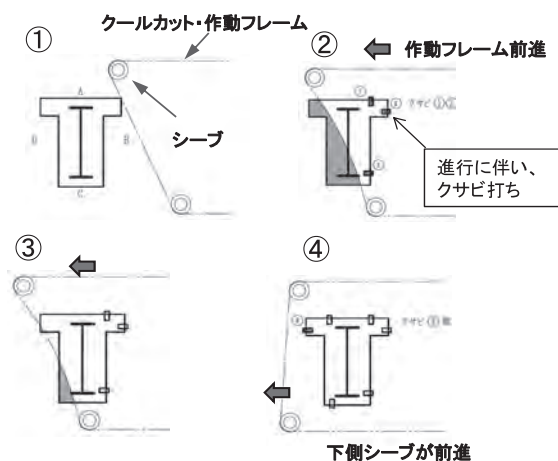
押切り型ワイヤーソーを備え、必要となる関係機構(ワイヤーソーの駆動機構や冷却・洗浄・粉塵防止用の高圧水噴出機構、装置本体把持固定機構など)を一体集約化した切断装置である。

ワイヤーソーは、油圧モーターで駆動され、作動フレーム先端の両端シーブの間で切断対象を切断する。

両端のシーブのうち、片側は固定式であり、片側は前後方向にスライドする。

大梁の切断順序を、図—3 に示す。切断手順は、まず、押切りワイヤーソーが組み込まれた作動フレーム全体が、ガイドレールに沿って前進し、シーブ間の対象部材の切断を開始する。

さらに作動フレーム全体が前進して、所定の位置まで切断して、最後に移動式シーブ側が前進して、完全



図—3 大梁の切断手順

に切りきる方式である。

また、切断中には切断進行に伴い、切断面にクサビを打込む。

なお、本装置の操作は、油圧ショベル運転席に装備したタッチパネルで操作を行い、作動フレームの進行位置など切断状況も各種センサーにより、タッチパネルに表示される。

6. 本システムの特長

本装置を装備する本システムによる作業の特長は主に、次の通りである。

(a) ワイヤソーの移動・設置と切断作業の省人化・高速化

作業場所での複数作業による、通常の引き切り型ワイヤソー駆動装置の組立固定や移動作業に比べ、基本的に作業員1名で、大梁のような高所でも、容易に本装置を設置でき、効率良い段取りと切断が可能となった。

(b) 切断中の段取り替え効率化

切断中のワイヤソー作動調整は、遠隔操作により効率的に行える。また、冷却水供給も高圧水噴出ノズルからの供給により、効率的に行うことができる。

(c) 更なる切断作業の安全性確保

通常の引き切りワイヤソー方式に比べ、ワイヤソーの作動領域が、本装置作動フレームの範囲に限られ、作動フレームには防護カバーが設けられているため、ワイヤソーが万一切れた場合でも、外部に跳ね上がる危険性が無くなった。

7. 本工法の解体案件への適用

2016年9月より2017年2月まで、本工法を解体案件に適用した。概要は次の通りである。

(1) 解体対象建物

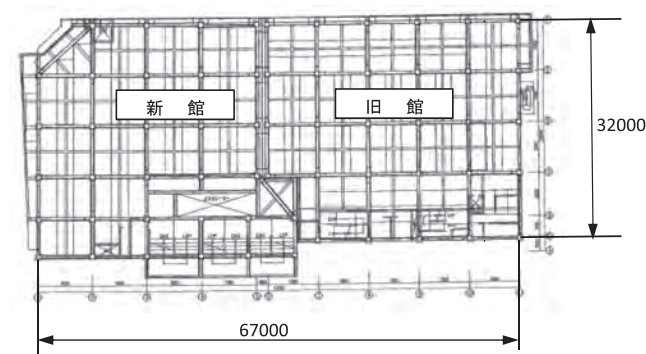
今回の解体案件は、自動車や人の往来が多い国道と県道の交差点に面した中規模ビルであり、解体に際しては、施主から解体工事に伴う周辺環境への負荷を最小限にとどめることが求められた。対象建物の構造はRC構造（一部SRC造）であり、規模を表—1に示し、平面図を図—4に示す。なお、建物用途はデパートとして設計された。

(2) 使用した切断機械など機材

今回の案件においては、切断部材の搬出などのた

表—1 解体建物 概要

	新 館	旧 館
規模	・地上6階、塔屋2階 ・建築面積 1,136.67㎡ ・延床面積 5,823.13㎡	・地上5階、塔屋1階 ・建築面積 1,085.47㎡ ・延床面積 5,113.87㎡
築年	・昭和54年(築37年)	・昭和44年(築47年)
構造	・RC造（一部SRC造）	・RC造



図—4 解体建物 平面図

め、200t油圧クレーンを用い、切断用機械としては、柱や大梁を切断する本システムを1機、床版を切断する道路カッターを2機、壁を切断するウォールソーを2機、及び複合形状部材を切断する引き切りワイヤソーを2機用いて、切断を行った。

(3) ブロック切断対象部材

切断する部材は、トラックによる搬出を考慮し、切断部材重量を約8t程度になるように切断した。

基準階の1フロア当たりの切断部材数量は、柱：60ピース、大梁：120ピース、床版：140ピース、壁：70ピース、外装（ALC板、PCa板）：80ピースであった。

また、本システムを適用した、柱と大梁の断面寸法仕様は、柱：800×800、大梁：1000（梁成）×500（幅）（mm）である。

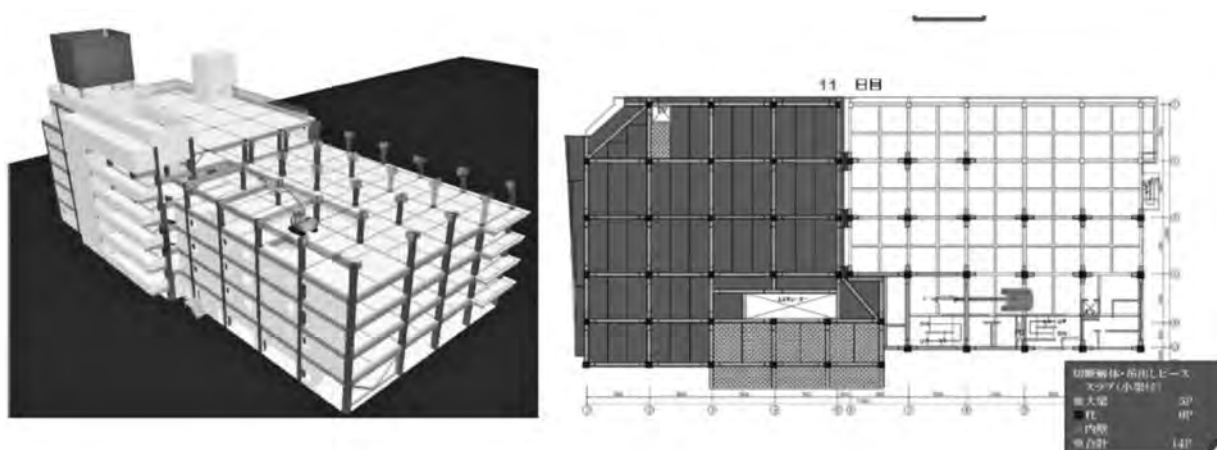
(4) 施工手順

各階の解体作業は、主に下記の施工手順で行った。

施工計画においては、切断部材荷降ろし量を勘案したサイクル工程を決定するため、BIMを活用した、3D作業シミュレーションによる検討も行った。図例を、図—5に示す。

(a) 床版の切断

- ①道路カッターを用いて、切断する。
- ②床版四方の切断途中で固定ブラケットを床版に取り付け、床版の落下を防ぐ。
- ③小梁も切断後、クレーンの吊りワイヤーを玉掛け



図ー5 3D 作業シミュレーション例



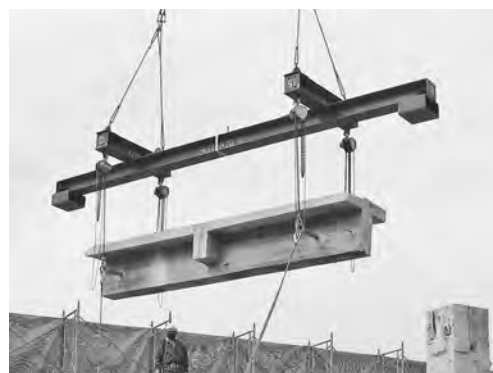
写真ー5 道路カッターによる床版切断



写真ー7 大梁の切断状況



写真ー6 床版の吊上げ



写真ー8 大梁の吊上げ

し、吊上げて撤去する（写真ー5, 6）。

(b) 大梁の切断

- ①大梁吊りビームを、切断対象の大梁を支える2本の柱上に、またぐように設置する。
- ②大梁吊りビームに設置したチェーンブロックなどを、大梁に設置した吊り金物に玉掛けする。
- ③本システムを移動し、切断機「本装置」を切断箇所に設置し、押し付けて切断する（写真ー7）。
- ④切断の終了後、本装置を切断箇所から離す。
- ⑤同様な切断によって、大梁両端の切断を終了し、

本システムを次の切断箇所に移動させる。

なお、切断された大梁部材は、大梁吊りビームで保持されており、落下することは無い。

- ⑥大梁吊りビームに玉掛けワイヤーを玉掛けし、大梁吊りビームごと大梁を吊上げ、撤去する（写真ー8）。

(c) 柱の切断

- ①本システムを用いて、柱を切断する（写真ー9）。
- ②保持プレートを用いて倒れを防止し、完全に切断を終了する。その後、クレーンにて吊上げ撤去する。



写真—9 柱の切断

(d) 壁の切断

ウォールソーなどを用いて、壁を切断し、クレーンで撤去する。

以上のように、各部材の切断撤去を行う。切断した部材は、直接トラックに載せ、中間処理場に搬出した。

8. 施工結果

今回の解体施工により、確認した結果を次にまとめる。

(1) 環境負荷を削減

施工の結果、環境負荷低減については下記の効果を確認し、周辺環境に影響無く、施工を行うことが出来た。

- ①騒音は、15 m 離れた敷地境界において、破碎機による騒音に対し、3/4 程度に減少し(85 dB⇒63 dB)、周辺の交通騒音で打ち消されるレベルであった。
- ②振動は、ほぼゼロ(作業を行わない場合と同等)に削減した。本システムが移動する際も感じられないレベルであった。
- ③粉じん量は従来破碎に比べ、10%以下となり、隣接するビルの清掃作業も大幅に削減することが出来た。

(2) 切断作業を高速化

本システムを用いた、大梁や柱の切断時間は、下記の通りであった。

- ① RC 柱 段取りと切断：約 40 分
- ② RC 大梁 段取りと切断：約 30 分

以上のように、通常の引き切りワイヤーソーに比べ、段取り時間含め、20%以上の切断時間の短縮を確認した。

(3) 作業の安全性を向上

構造部材を切断し、クレーンで搬出を行ったため、ガラ飛散や部材の落下、および倒壊の問題も無く、作業安全性は向上した。また、作業床は平坦でクリーンなコンクリート床面の状態を確保出来、作業員の足元の安全確保のみならず、見学者が来場しても、問題無く作業階での見学が可能となった。

以上の施工による効果の他、施工管理者にとっては、環境負荷削減により、作業時間の制約も削減され、施工計画上のメリットや毎日の搬出廃材数量の管理を容易化するなど、管理上のメリットも有った。

また費用的にも、環境負荷軽減のための大規模な仮設養生機材も不要であり、安価に環境に優しい解体を実現することが出来た。

9. 今後の展開

今回の全体適用により、工法の有効性を確認し、また、多くの知見を得ることが出来た。

今後も引き続き、環境負荷低減を必要とする案件への適用展開を推進し、施主や近隣住民の環境配慮への期待に応える工法として、更なる展開と発展を図りたい。

謝 辞

最後に、今回の本工法クールカット工法適用・工事実施に対し、ご尽力頂いた、関係各位には、誌面を借りて厚く御礼を申し上げます。

J C M A

【筆者紹介】

奥山 信博 (おくやま のぶひろ)
清水建設㈱
生産技術本部技術開発グループ



加藤 和也 (かとう かずや)
清水建設㈱
関東支店群馬営業所



八幡 孝行 (やはた たかゆき)
清水建設㈱
関東支店群馬営業所



最新の超大型建物解体機

SK2200D

山 崎 隆 典・和 田 一 朗

近年、大規模かつ強固な解体物件の増加に伴い、大きな圧碎機をより高い作業領域で使える 100 t 超の超大型建物解体機のニーズが高まっている。超大型解体機は、高所での解体のみならず地下の大型基礎解体まで一連の作業に対応できる幅広いアタッチメントバリエーションと現場への搬入、組立て作業を速やかに完了し、作業に掛かる機動性が要求される。

本稿は、このような要求に応じて開発した最新の超大型建物解体機「SK2200D」（以下「本機種」という）を紹介する。本機種は、前モデルの「SK1600D」（以下「前モデル」という）に対し作業性能と分解搬送性を高めつつ、安全性や環境性能にも配慮した様々な装備を取り入れている。

キーワード：建物解体、設備解体、油圧ショベル、大型解体機、圧碎機、分解搬送、安全性

1. はじめに

近年、防災を軸とする都市再整備や工場、発電所などの大型設備の更新など高度経済成長期に建てられた建造物の解体工事が増加している。解体対象は以前に比べより高層化、大型化し、使用されているコンクリートや鉄骨も高強度化してきている。この様な背景から、長期化する工期の短縮と解体作業の安全性確保の観点から 100 t 超の超大型建物解体機のニーズが増えている。

油圧ショベルをベースとした建物解体機は、数 t クラスの小型のものから最大では 300 t 超の「SK3500D」（2005 年販売開始）¹⁾ まで、用途に応じた様々なクラス専用機が開発されている。100 t 超の超大型建物解体機に求められる開発要件は、作業性能（作業範囲や圧碎機能力など）と機械の分解搬送性に加え、最近では安全性や環境性能への配慮も重要な要件になってきている。今回紹介する本機種は、これらの要望に応えた最新の 200 t クラスの超大型建物解体機である（写真—1、表—1）。



写真—1 超大型建物解体機 本機種

2. 本機種開発コンセプト

本機種は、好評であった前モデル（2001 年販売開始）の後継機として 2013 年に販売開始した最新モデルである。クローラークレーンの足回りを採用した低重心設計やメインブーム兼用型のアタッチメントなどの基本的な機械構成は前モデルを踏襲し、作業性能改善のほ

か分解搬送性や安全性、環境性能も大幅に改善した。以下に主な開発コンセプトを記す。

- ・本体サイズは 200 t クラスクローラークレーン足回りをベースに前モデルを一回り大型化し、大型アタッチメントの装着を可能にする（図—1）
- ・超ロング仕様は前モデル比、同じ作業高さで 1 クラス上の圧碎機装着を可能とする

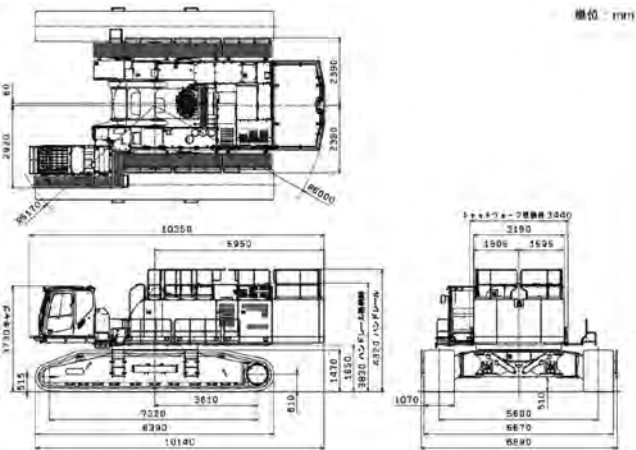
表－1 本機種 主な仕様

本体質量	89 t
旋回速度	1.9 min ⁻¹
走行速度 (1 速/2 速)	0.8/1.3 km/h
登坂能力	53%
エンジン型式	日野 E13C-VV
定格出力/回転数 (JIS D 0006-1)	380/1,800 kW/min ⁻¹

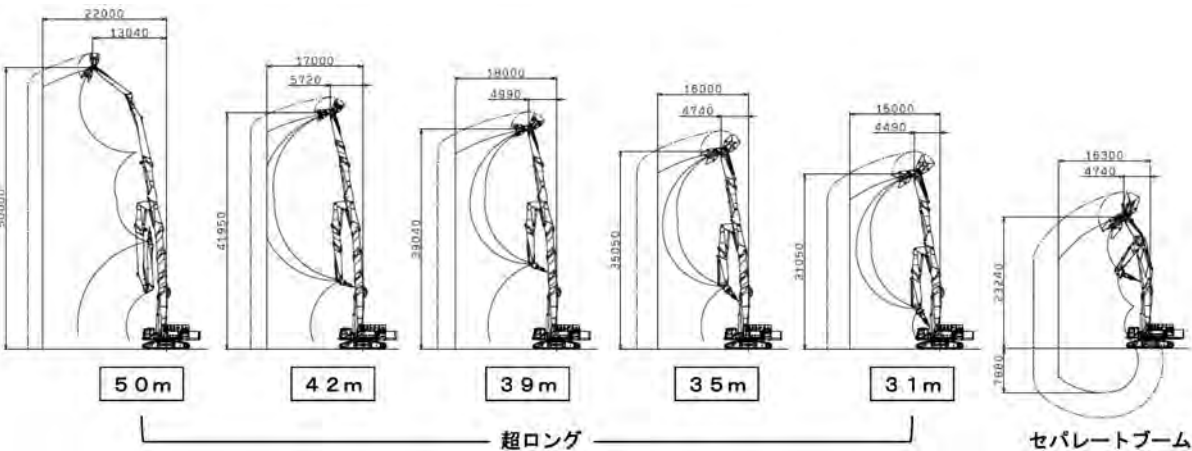
- ・セパレートブーム仕様は、既存の 12 t 大型圧碎機を装着し作業半径 20 m の作業を可能とする
- ・機械の分解/組立作業は機動性の高い 70 t ラフタークレーン 1 台、1 日で安全に作業可能とする
- ・チルトキャブや作業カメラを使った視界確保による作業視界と周囲安全の確保
- ・最新のエンジン (開発当時) 搭載による 2011 年国内排ガス規制対応と低騒音化

3. 仕様と主な性能

本機種は、他のクラスの建物解体機同様にメインブームから先のアタッチメントを組み替えることで高所の解体作業から地下の基礎解体、バケットでのガラ処理作業までを 1 台で幅広く対応可能である。装着可能なアタッチメントの組合せは全部で図－2 に示す 6 通りとなっており、各アタッチメントで装着する圧碎機は、他機種と共通化することでユーザ手持ちの圧碎機を活用できるように利便性を考慮した設定となっている (表－2)。



図－1 本体外観寸法



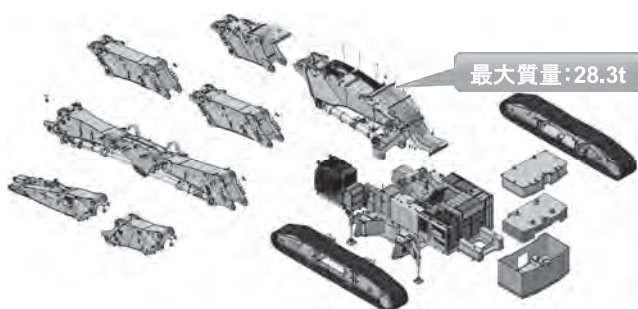
図－2 各アタッチメント仕様の作業範囲

表－2 装着可能圧碎機と互換性

本機種 SK2200D アタッチメント仕様	超ロング					セパレートブーム		
	50 m	42 m	39 m	35 m	31 m			
機械質量 (t)	221.4	220.3	217.7	217.9	214.3	192.5	198.5	189.1
圧碎機型式	KR1100TPR -2	KR1350TPR -40	KR1500TPR -50	KR1500TPR	KR2150TPR	KR1600TPR	KR3000R	6.0 m ³ バケット
質量 (kg)	2,600	4,000	5,200	7,700	9,800	12,000	18,000	8,600
最大破砕力 (kN)	1,520	1,770	2,080	3,010	3,410	2,716	6,566	－
最大開口幅 (mm)	1,100	1,350	1,500	1,500	2,150	1,600	3,000	－
互換性	SK3500D	○	○	○	○	－	○	－
	SK1600D	○	○	○	－	－	○	－
	SK1000D	○	○	○	○	○	－	－
	SK550DLC	○	○	○	－	－	－	－

4. 分解搬送性

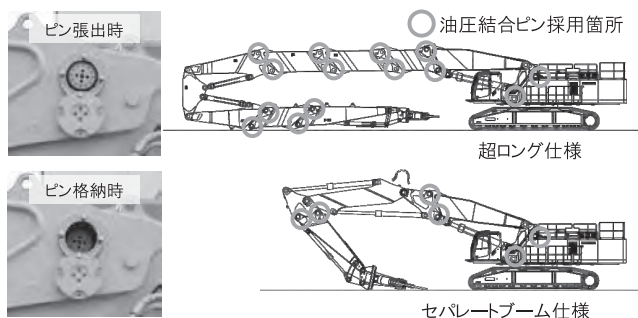
本機種は機械質量 200 t を超える大型機ではあるが、9 ～ 13 個のパーツに分割搬送することで違法搬送が可能となっている。現場での分解作業は、70 t 級ラフタークレーン 1 台で行うことができるよう、分解するパーツの質量は最大でも 29 t 未満（本体除く）に収まるように設計されており、分解した各パーツには搬送台車への積載，固定が容易に行えるように専用の搬送ジグを標準装備し，安全な搬送を可能にしている（図—3）。



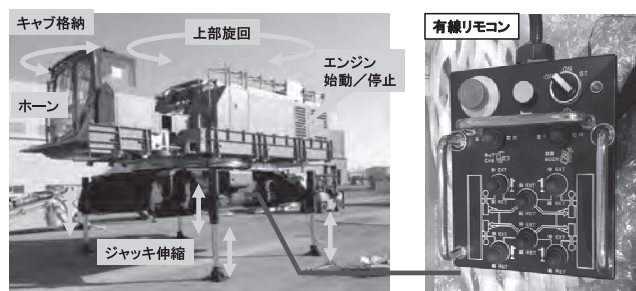
図—3 分解状態図

分解作業を容易にするための工夫として各パーツの連結部に油圧結合ピン装置を採用している。危険なピンの打撃作業を廃止し，安全かつ容易に分解することができる（図—4）。また，本体の分解作業は，足回りに装備したジャッキアップ装置で本体をジャッキアップすることでクローラ取り外しとトレーラーへの自力積載が可能に設計されている。従来はこの作業の中で作業者がキャブへ乗り込んでエンジン始動や旋回操作を行う必要があったが，クローラを外した状態ではキャブへのアクセスが非常に悪く作業性が悪かった。本機種では，これらの作業を全て有線リモコン操作方式にすることで機械から離れた場所から作業できるようにし，作業性と安全性を大きく改善した（写真—2）。

一方，アタッチメントの分解作業では，油圧配管の



図—4 各部に採用した油圧結合ピン装置



写真—2 有線リモコンによる本体の分解操作



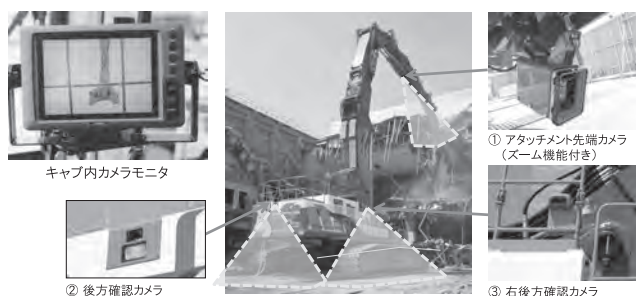
写真—3 メインブームの作業足場とアクセス

切り離しや吊りワイヤの玉掛け作業のため，ブーム上面での高所作業が必要となる。本機種では，メインブーム上面に作業足場とアクセスルート进行けることで，安全に作業が行えるようになった（写真—3）。

5. 安全，環境性能

本機種は，改正労働安全衛生規則（平成 25 年厚生労働省令第 58 号）や長尺作業装置付き油圧ショベルの要求事項（JIS A 8340-4：2004 付属書 4）に準拠した安全装置に加え，オペレータや周囲の作業者の安全や作業現場の環境に配慮した独自の装備を取り入れ，安全／安心な作業をサポートしている。

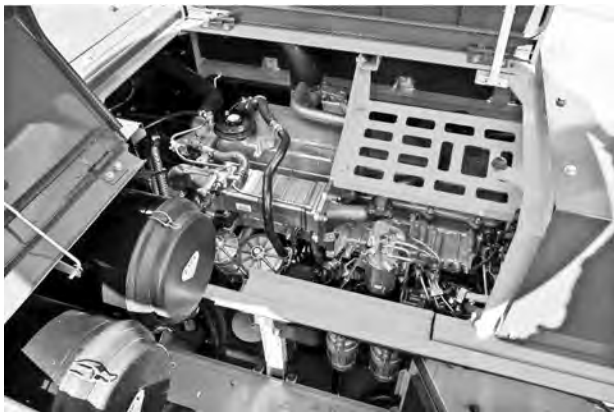
- ・ 30°チルトキャブ，アタッチメント作業カメラ（上方作業視界確保／写真—4）
- ・ 本体後方，本体側方カメラ＆モニター（本体周囲視界確保／写真—4）



写真—4 各部のカメラ＆モニターによる視界確保

- ・センターピラーレス解体専用キャブ（上方作業視界確保）
- ・旋回／走行アラーム（轢かれ、挟まれ防止）
- ・キャブ干渉警報装置（大型圧碎機のキャブへの干渉防止）
- ・本体傾斜警報装置（機械転倒防止）
- ・カウンタウエイト検知装置（カウンタウエイトの組合せミス防止）
- ・アタッチメントの2系統散水配管（粉塵飛散低減）
- ・圧碎機開閉回路遠隔ストップバルブ（圧碎機ホース破断時の作動油流出防止）
- ・圧抜き機能付きフラットフェース配管カプラー（分解作業時の作動油流出防止）

さらに本機は、国内オフロード法 2011 年規制に適合した日野自動車／E13C エンジンを採用（写真—5）。燃料噴射圧の高圧化や可変ノズルターボ、DPF（排ガス後処理装置）の装備により、クリーンな排出ガスと低燃費を実現している（現在は少数特例承認済み）。また、周囲騒音も高い静粛性を実現している。国交省の低騒音型建設機械基準値（106 dB（A）はこのクラスの大型エンジンでは非常に厳しい値）に迫る 107.8 dB（A）とこのクラスでは最も低い騒音レベルを達



写真—5 日野自動車 E13C/380kW エンジン

成しており、都市部の作業現場では威力を発揮する。

6. おわりに

今回開発した本機種 SK2200D は、これまで蓄積した超大型建物解体機の設計ノウハウをベースにユーザー要望や実際の稼働情報、最新の安全基準、環境基準を取り入れ、約 10 年振りにリニューアルした。今後増加が予想される大型解体工事で本機が活躍し、工期短縮や作業安全に寄与することを期待する。

J C M A

《参考文献》

- 1) 庭田孝一郎, 「KOBELCO 超大型解体機 SK3500D」, 神戸製鋼技報, 特集: 神戸製鋼グループにおける技術連携, (株)神戸製鋼所, Vol. 57 No. 1 (Apr. 2007)

【筆者紹介】

山崎 隆典（やまさき たかのり）
コベルコ建機(株)
グローバルエンジニアリングセンター
環境機械開発部 部長



和田 一朗（わだ いちろう）
コベルコ建機(株)
グローバルエンジニアリングセンター
環境機械開発部 特機開発グループ



各種技術を駆使したダム撤去工事

宮 地 利 宗・野 間 達 也

荒瀬ダムは、1954年に熊本県が築堤した発電専用の重力式コンクリートダムであるが、その役目を終え2012年より撤去工事を行なうこととなった。撤去工事としては、まずダム本体上流側の水位を低下させるために、上流面の岩盤をオールケーシング工法による水中掘削、また堤体には無発破硬岩トンネル掘削工法であるFONドリル工法を使用して矩形のトンネルを割岩掘削した。さらに、ダム本体の解体には、経済性の向上を目指して発破解体を有効利用し、門柱の倒壊発破工法を開発するとともに、越流部の発破解体時には、発破振動を制御するために種々の雷管を使用し、環境に配慮したダム撤去工事を実現した。

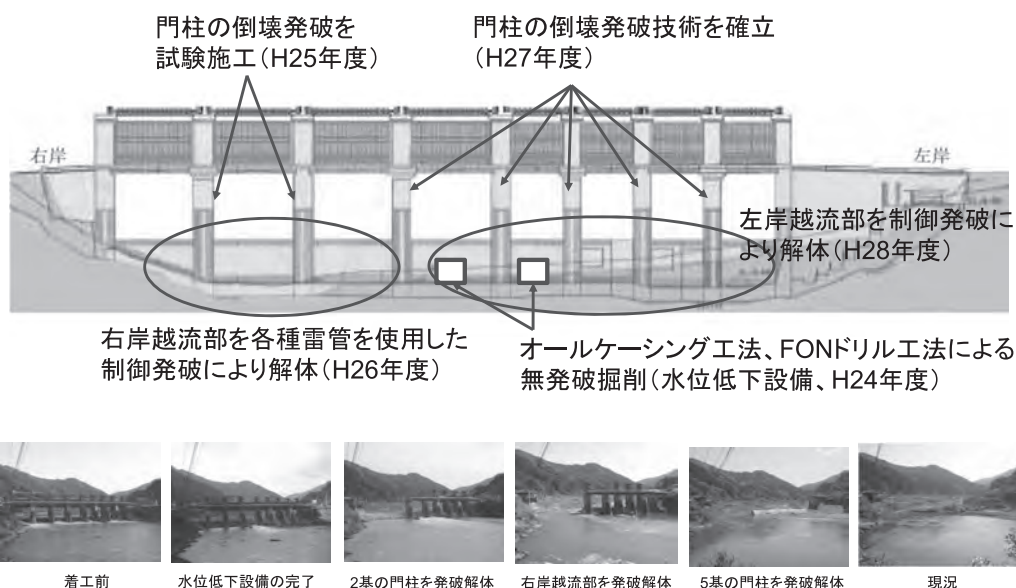
キーワード：ダム撤去、発破解体、電子雷管、オールケーシング工法、割岩工法

1. はじめに

荒瀬ダムは、1954（S29）年、球磨川河口から19.9 km地点の熊本県八代市坂本町に築造された発電専用の可動堰付き重力式越流型コンクリートダム（堤高25.0 m、堤頂長210.8 m、堤体積47,167 m³）である。しかし、水利権が失効したことからその役目を終え2012年より撤去工事を行なうこととなった。

荒瀬ダム本体等撤去工事は、ダム建設以前の河川に復元することを目指し、越流部の門柱9基を含めダム本体のコンクリート約27,000 m³を撤去するものである。

工事概要を図一1に示す。撤去工事は、まず貯留しているダム上流側の水位を低下させる必要があり、堤体内下部に水位低下装置を設置した。このとき、堤体上流側的水中岩盤掘削にオールケーシング工法を適用、また堤体の穴あけ（矩形のトンネル）にFONドリル工法¹⁾を用いてダムコンクリートを割岩掘削した。つぎに、ダム本体を解体するが、経済性の向上を目指して発破解体を有効利用し、門柱の倒壊発破工法を開発するとともに、越流部の発破解体時には、直近に位置する国道・県道・JR鉄道・民家への発破振動・騒音を制御するために種々の雷管を使用し、環境に配慮したダム撤去工事を実現した。



図一1 撤去工事の概要

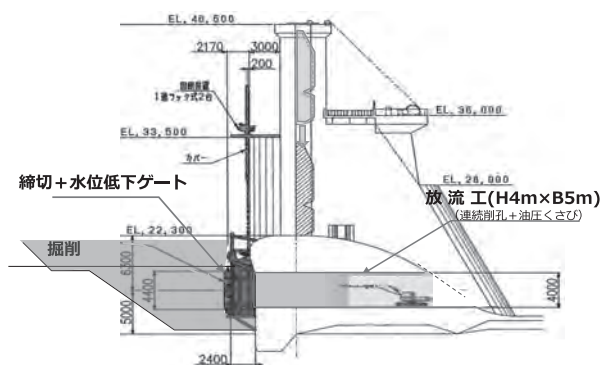
本稿では、ダム撤去のために導入・開発したこれら3つの技術について報告する。

2. オールケーシング工法

(1) 水中岩盤掘削工事の経緯

水位低下設備を設置するにあたり、上流側の設備設置箇所に岩盤が残っている可能性があったため、ボーリング調査を実施し、その存在を確認した。施工条件として非洪水期中に水位低下設備の設置を完了する必要があった。図—2に水位低下設備の縦断面図を示す。

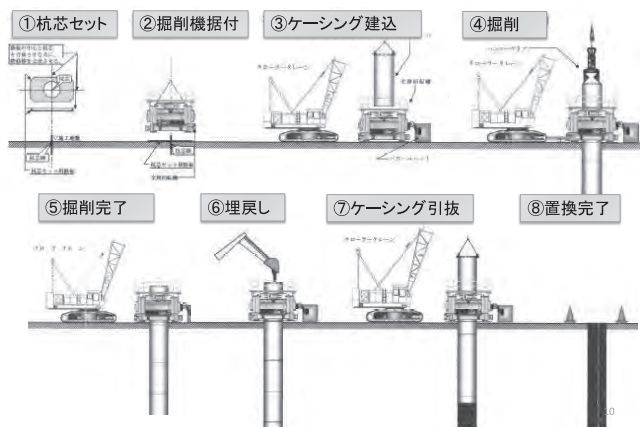
ここで、水中の岩盤を早期に確実な施工を行なう必要があったため、全周回転掘削工法により岩盤掘削を計画した。



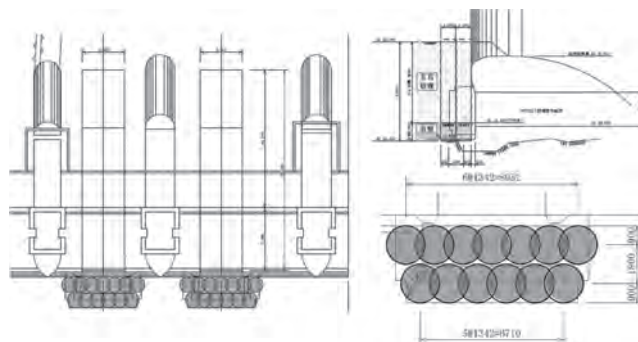
図—2 水位低下設備縦断面図

(2) 施工方法

施工するにあたり効率よく岩盤掘削を進めるため、ケーシング径をφ1,800mmとした。施工ヤードとして、上流側に盛土を行い、敷き鉄板を掘削箇所周囲に設置し、鉄板上に全周回転掘削機を搭載し掘削を行った。施工フロー図を図—3に、掘削平面配置図を図—4に示す。



図—3 オールケーシング施工フロー図



図—4 オールケーシング掘削平面配置図

(3) 施工結果

ボーリング調査の結果により、掘削の土質区分は掘削上面から玉石混じり礫が9.6m、硬岩2.2mで構成されており、岩盤強度は209MPaであることが判った。施工実績として岩盤に到達してからの掘削時間は掛かるものの、稼動時間9時間/日で日平均掘削量は $26.3\text{ m}^3/\text{日}$ (1本/日)であった。

掘削状況写真を写真—1に示す。



写真—1 オールケーシング掘削状況 (全景)

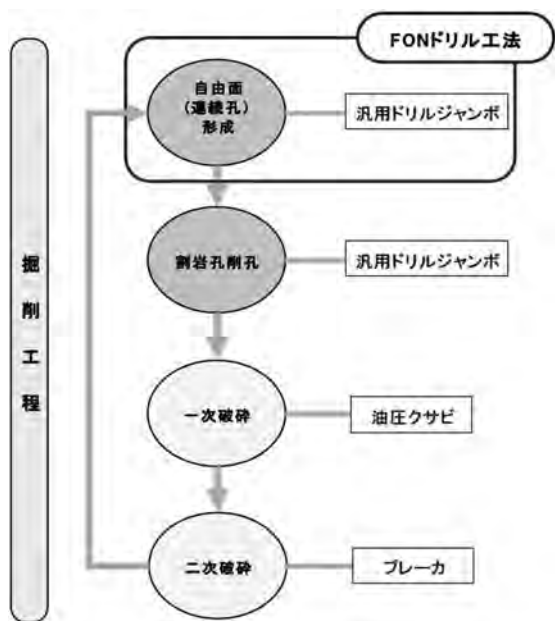
3. 水位低下設備の構築

(1) 水位低下設備

水位低下設備は、図—1で示した位置に既存のダム堤体内に図—2に示したような幅5m高さ4m、長さ17mの矩形断面トンネルを2基構築することから、既存堤体の構造に影響を与えない設計・施工が求められる。このため、この設備については全面無発破による掘削が求められ、割岩工法を採用した。

(2) 割岩工法によるコンクリート掘削

割岩工法とは、自由面を形成した後、岩石・岩盤の引張強度が圧縮強度の $1/8 \sim 1/20$ 程度であることを利用し、割岩孔の壁面に割岩機により力を与え、自由面に向けて引張応力を発生させることにより岩盤に亀

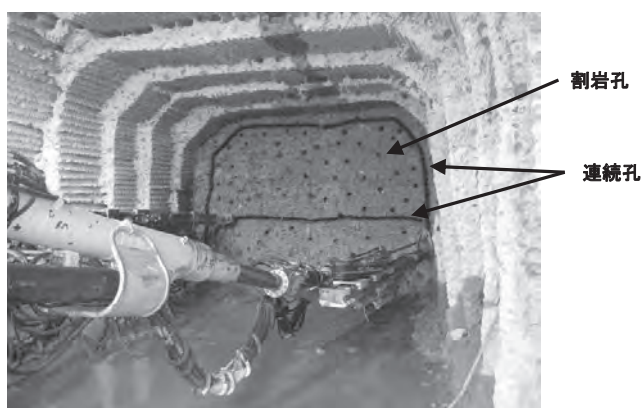


図—5 割岩工法施工手順

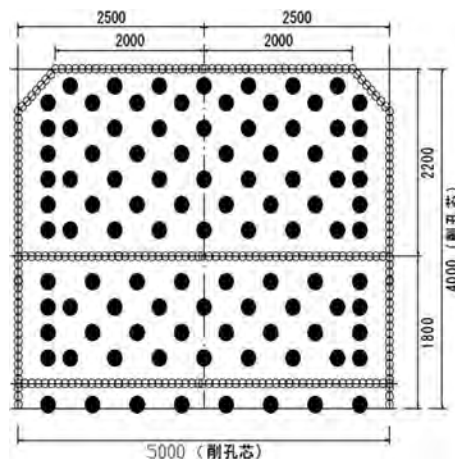
裂を発生させ破碎する工法であり、図—5に施工手順を示す。この際、形成自由面の連続性や汎用ドリルジャンボ使用の可否が重要な点となるため、FONドリル工法を採用した。FONドリル工法の特長は、①汎用ドリルジャンボのドリフター先端にSABロッドと呼ばれるガイドとなるロッドを取り付ける機構のため、自由面形成において専用機は不要、②機械の大きさ、性能を問わず、どんな汎用機械においても施工が可能のため、大断面から小断面まであらゆる断面に対応可能、③ビットがSABロッドを打撃しながら連続孔を穿孔するため、形成される自由面の連続性に優れ、形成される自由面の幅も在来工法より広いため割岩時の施工性が高い、という点にある。

(3) 施工結果

写真—2に自由面形成状況を、図—6に最終的に採用した穿孔パターンを示す。



写真—2 自由面形成状況



図—6 採用した穿孔パターン

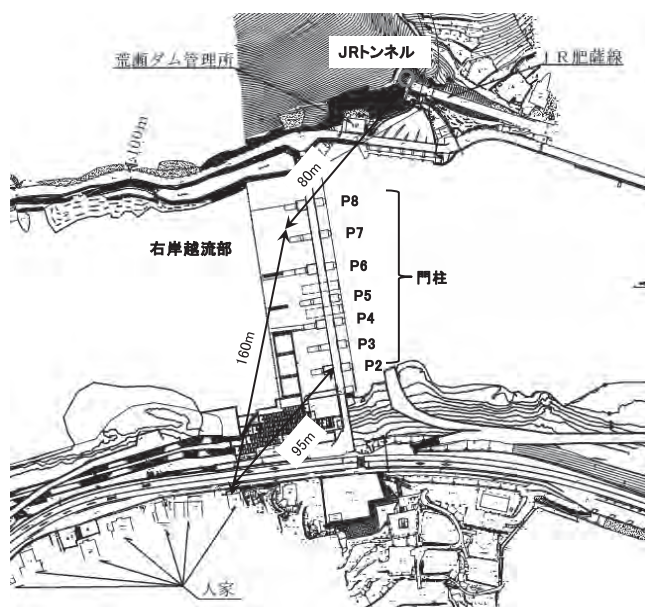
岩盤掘削とコンクリート掘削において大きく異なった点は、①非常に硬質な玉石状の粗骨材と、これと比較すると強度の低いセメントペーストの組み合わせだったため、穿孔時に粗骨材からペースト部へビットが逃げ、特に割岩孔穿孔時に穴曲りが発生した。これに対応するためリトラックビットを採用した。②岩盤と異なり掘削対象に大きな亀裂がないこと、また硬質な岩盤と比較するとコンクリートはいわゆる「しわい」材料のため大型油圧くさびによる割岩時に硬質岩盤ほどの発生亀裂の進展が見られなかった。このため、コンクリートの圧縮強度は 25 N/mm^2 であったが、図—6に示す割岩孔の配置は岩盤では $150 \sim 200 \text{ MPa}$ 程度の設計パターンとなった。これよりコンクリートを破碎対象とする場合の破碎設計は岩盤と異なることが明らかとなり、 150 kg 級のドリルジャンボ使用時にけるコンクリートに対する掘削歩掛かりが得られた。

4. 門柱および越流部の解体発破

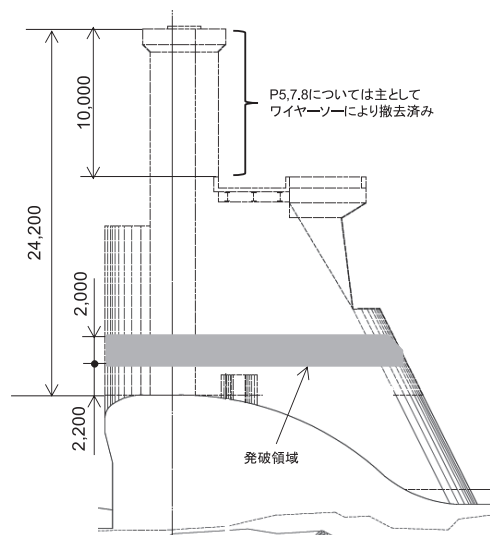
(1) 解体発破対象

これまでの解体発破の対象は、図—7に示すように門柱7基と越流部である。ここで、越流部の解体発破を開始した右岸越流部より右岸側には約 80 m の離隔でJR肥薩線のレンガ積みトンネル、左岸側には約 160 m の離隔で民家がある。また、最も民家に近接した門柱部P2と民家との離隔距離は 95 m となっている。このため、JRトンネル近傍の路線用擁壁において振動レベル、民家軒先において振動および騒音レベルを測定し、管理基準値を設定して基準値以下の発破となるように施工を進めた。設定した管理基準値は鉄道トンネルについての振動レベルは 89 dB （振動速度に換算して 2 kine ）以下、民家に対しては振動レベル 75 dB 、騒音レベル 96 dB としている。

門柱の解体は当初設計では上部から1.5～2.0 mずつ制御発破でびび割れを発生させて、油圧圧砕機（ニブラ）で下部へ掴み降ろす計画となっていた。しかし、油圧圧砕機には、小割りしたコンクリート片を把持して下へ降ろす機能はなく、運転席からも視野に入らないこと等から施工は困難であり、工程的にも非洪水期の限られた施工期間では処理不能と判断した。これより、P7・P8を対象とした試験施工時は管理橋上部10 mについては主としてワイヤーソーを用いて撤去後、残りの14 mについては図—8に「発破領域」と示した部分を1度の発破で破砕することにより上部を倒壊させる「倒壊発破」を実施したところ良好な結果が得られた。このため、P5を除く残りの4基の門柱については、工期短縮を図るために、上部を撤去することなく約22 mの高さを発破で倒壊させる「倒壊発



図—7 解体発破対象

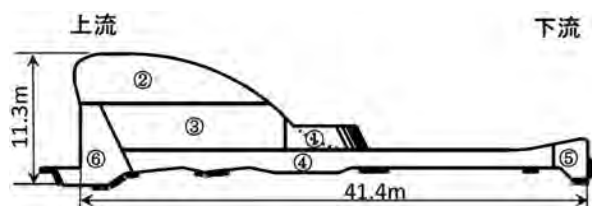


図—8 門柱部断面図

破工法」により解体することとなった。ここでは、右岸越流部の各種雷管を使用した解体発破と、全長22 mにわたる門柱の倒壊発破工法について示す。

(2) 種々の雷管を使用した右岸越流部の解体発破

右岸越流部の解体発破手順を図—9に示す。図に示すように、試験発破①で発破振動・騒音を確認後、②～④で越流部中心部上部より順次盤を下げていき、盤下げが終了した時点で下流側の最後の締め切りとなる⑤、上流側の締め切りとなる⑥を解体した。なお、解体撤去後はこの部分に川を転流した。



図—9 越流部解体発破手順

実際の施工では、以下に示す理由により②はDS雷管、③はMS雷管、④は秒時差をその場で設定できる新型電子雷管を使用した。なお、雷管の種類にかかわらず、装薬孔はほぼ垂直方向に穿孔し、孔間隔は2 mの格子状とすることを基本とした。表—1に各雷管使用時の振動レベル・騒音・低周波音を示す。

表—1 各雷管における振動レベル・騒音・低周波音

	JR トンネル (dB)		民家 (dB)		
	振動レベル	騒音	振動レベル	騒音	低周波音
DS	64	98	62	85	118
MS	76	98	75	79	121
電子	59	96	59	79	107

(a) DS 雷管による解体発破

図—9の②で示した部分は、図—2で示した越流部を左右に分割して2回の発破で解体することを試みた。ここで採用した全装薬量は228・302 kg、発破段数は10・14、最大斉発量は26 kg、発破係数は0.21・0.26 kg/m³であり、上流側より7列のベンチ発破とした。しかし、DS雷管では秒時差が250 ms以上あるため、発破により発生するガスが施工継ぎ目等より逃げてしまい不利なこと、また3列目以降は自由面からの距離が離れることにより、発破により亀裂は入るものの完全な分離はできないこと、などが分かった。

(b) MS 雷管による解体発破

この結果および民家側の騒音が予測より低かったこ

とを受け、図—9の③の部分はMS雷管を用い、2列ずつのベンチ発破とした。採用した全装薬量は211～222 kg、発破段数は10、最大斉発量は28 kg、発破係数は $0.28 \sim 0.29 \text{ kg/m}^3$ であり、これにより2列ずつ完全に解体することが可能となった。ただし解体が進むにつれて、特に民家側における振動レベルは大きくなる傾向が認められた。これは、解体が進むにつれダム本体の自重が軽くなり、これに伴いダム基盤の拘束力が小さくなったため振動が伝わりやすくなったと考えられ、これ以降については対策が必要となった。

(c) 新型電子雷管による解体発破

発破振動を低減するには、段当たりの斉発量を低減することが最も効果が高く、このため電子雷管が開発されてきたが、最新の電子雷管は秒時差をその場で決定できる。また、筆者らは、トンネル現場において秒時差が15 msでも振動は収束することを確認している。これより、1孔1段（段当たり2.5 kg、49段）・秒時差15 msで発破したところ、振動レベルはJR側54 dB、民家側59 dBと格段に低減された。

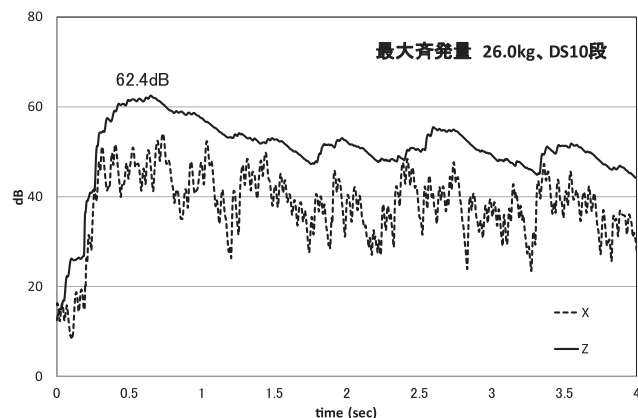
ここで、全装薬量は102～202 kg、発破係数は $0.24 \sim 0.30 \text{ kg/m}^3$ としている。図—10～12に民家側における各雷管の振動レベル計測結果を示す。

今回の結果より、旧設コンクリート構造物を発破により解体する場合には、①MS雷管のように段間秒時差の短い電気雷管を使用する方が有利なこと、②自由面からの距離は一定以内とすること、③解体が進むにつれて発破振動が大きくなる場合があり、電子雷管の使用などにより段当り装薬量を少なくする必要があること、が分かった。

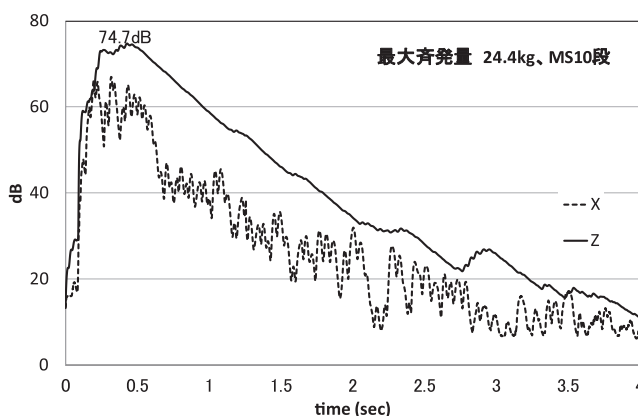
(3) 門柱部の倒壊発破工法

前述したように、門柱の撤去については平成26年度に門柱上部10 mを切断した形状で倒壊発破を試験施工したところ良好な結果が得られたことより、工期短縮および工費縮減を目的として平成27年度に撤去した5基のうち4基は上部を切断しないまま倒壊発破により撤去している。

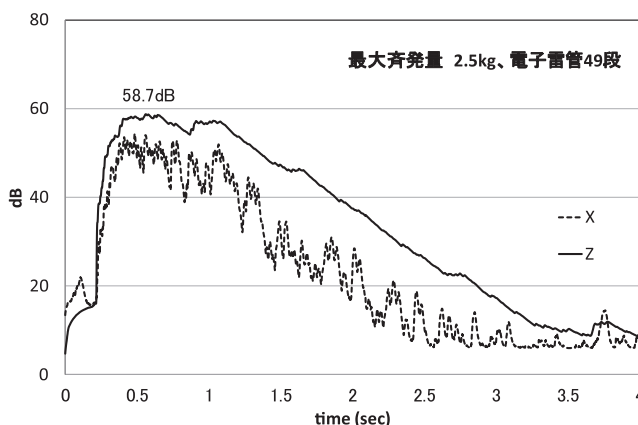
上部を切断したP7、P8の倒壊発破時には、発破振動・騒音、また倒壊時の門柱が地面に衝突する際に発生する振動については、管理基準値を下回る結果となったが、上部を切断しないで倒壊させると、門柱の自重は約1,400 tとなり、また門柱の位置が民家に近づくため、何らかの対応をしないと地面との衝突時に発生する振動は管理基準値を超過する可能性が高い。これより、事前検討を実施した結果、600 mm以下に破碎したコンクリート殻を使用した盛土（厚さ1 m）



図—10 DS雷管による計測結果（民家側）



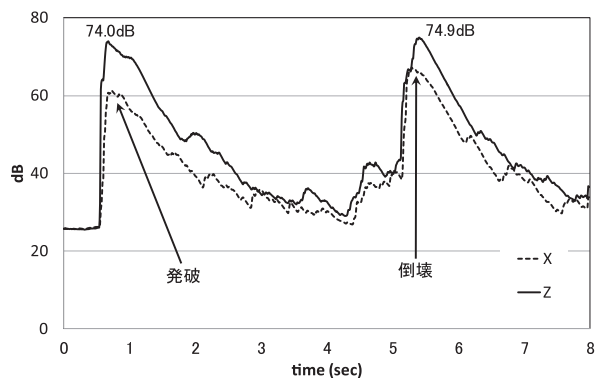
図—11 MS雷管による計測結果（民家側）



図—12 新型電子雷管による計測結果（民家側）

を倒壊範囲に施工後、さらにその上に200 mm以下に破碎したコンクリート殻を $H = 1 \text{ m} \times 3 \text{ 列}$ 、 $H = 1.5 \text{ m} \times 1 \text{ 列}$ の盛土を施工することで、これらをクッション材とすることにより管理基準値は満足できると想定した。

最も民家に近接したP2の倒壊発破時における民家で計測した振動レベル測定結果を図—13に示す。図に示されているように、発破時ならびに倒壊時ともに管理基準値以下の振動値を実現した。写真—3にP2の発破の瞬間を、写真—4に倒壊の瞬間を示す。



図一 13 P2 倒壊発破時の計測結果（民家側）



写真— 3 P2 倒壊発破 発破の瞬間



写真— 4 P2 倒壊発破 倒壊の瞬間

5. おわりに

ダムの本格的な撤去工事は、荒瀬ダムが本邦初の工事である。このため、いくつかの課題に直面することとなった。本稿では、このうち代表的な工種について報告している。

他にも、いくつかの撤去工法を実施、映像によるアーカイブズの収録や長期材齢コンクリートの調査なども実施し、資料としている。

ダムは、重要構造物であり半永久的に運用するために設けられた施設であり、近年は運用の見直しや老朽化による改修工事が増加している。その多くは、ダムの運用を休止することなく貯水位を維持したまま工事を進めている。このため、上流側では水中作業、ダム本体では本体および機械設備への振動の影響、施工精度が求められ、水位変動によるダム挙動に追随した仮設備など課題を抱えている。本工事で応用・開発した技術は、これまでの改修技術に対し、安全性、経済性、施工性の面からも十分に適用できることを確認できた。

J C M A

《参考文献》

- 1) 野間他：硬岩の小断面避難連絡坑における割岩掘削，土木学会トンネル工学報告集第 15 巻，2005.

【筆者紹介】

宮地 利宗（みやち としむね）
 (株)フジタ
 九州支店 土木工事部
 荒瀬ダム作業所長



野間 達也（のま たつや）
 (株)フジタ
 建設本部 土木 EC トンネルシールド部
 主席コンサルタント



解体コンクリートの現場内有効利用の多様化

ガランダム工法の適用範囲・施工法の拡充

西 正 晃

解体コンクリートを現場内で有効利用する手段として、コンクリート塊を破碎して骨材とした流動体を製造、打設し、構造物の基礎地盤として利用するガランダム工法（以下「本工法」という）を開発、改良してきた。東日本大震災の後にはコンクリートがれきの迅速な利用方法の一つとして人頭大のコンクリート塊も利用できる施工方法を開発した。最近では打設効率と狭隘部充填性の向上を目的としてポンプ圧送、配管打設が可能であることを実機施工試験により確認し、多様な用途への適用が可能となってきた。

キーワード：解体コンクリート、現場内リサイクル、コンクリート破碎材、セメントベントナイトスラリー、ポンプ工法、配管打設、自ら利用

1. はじめに

既存建物の解体を伴う工事が多くを占めるようになった昨今でも、現場においては解体コンクリート塊を場外搬出する一方、地下空間は一旦埋め戻される場合が多い。解体コンクリート塊を現場内で再生利用して新設建物の基礎地盤材料として埋め戻すことができれば、資源の有効利用のほか、大型車両によるCO₂排出量と騒音・振動による周辺環境影響の低減を図ることも可能となる。このような背景のもと、解体コンクリート塊を再生利用して建物の基礎地盤材料や埋戻し材とできる技術として本工法を開発した（図—1）。

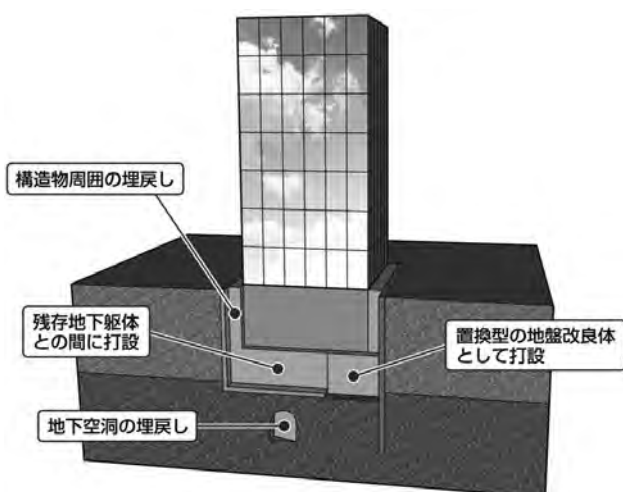
東日本大震災の後には、一時に大量に発生したコンクリートがれきの全てを破碎するのには多くの手間と

時間を要することから、もっと大きな粒径のまま利用することによって処理、利用を効率よく進めることを目的として、本工法による粗粒コンクリート塊の有効利用方法を開発した。用途としては地盤の嵩上げ、盛土の中詰め、基礎地盤の補強等を想定した。また、攪拌混合設備は当初ミキサー系のみであったが、現場条件に合わせて選択できるように、バックホウのバケットで攪拌する簡易な製造方法も開発した。

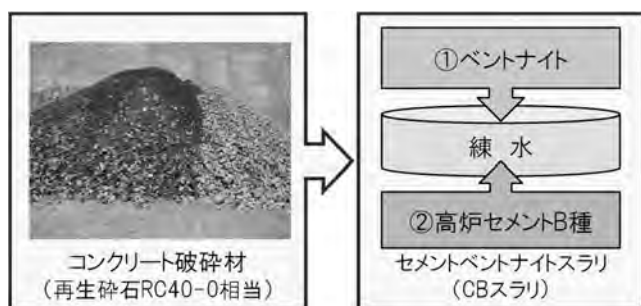
これまでの本工法での打設方法は、攪拌に用いたトラックミキサーやバックホウによる直接打設であった。これは、骨材として用いる解体材に金属くずが含まれているとコンクリートポンプが損傷する可能性があることから適用を控えていたものである。しかし、打設効率や狭隘部への充填性の面でポンプ工法のニーズが生じたことから、実機を用いた施工試験を実施し、コンクリートポンプ車による圧送と配管打設が可能であることを確認した。以下にこれらの概要を紹介する。

2. 本工法の概要

本工法では骨材として、解体コンクリートを粒径40 mm 以下に破碎したコンクリート破碎材を使用する。現場でコンクリート塊を自走式破碎機などで破碎するか、再生プラントで製造した再生碎石を購入して使用することもできる。破碎材と別途作液したセメントベントナイトスラリーとを攪拌混合するとスランプを有するコンクリート状のガランダム流動体（以下「本流動体」という）となる（図—2）。骨材としてコン



図—1 本工法の用途



図一 2 本工法の製造方法

クリート破砕材のみを使用し、練り上がり体積の 60～70%まで混入することができる。

(1) 使用材料

固化材としては破砕材に含まれる重金属類の溶出抑制とアルカリ量の低減を目的として高炉セメント B 種を用いる。ベントナイトは施工上必要となる流動性と材料分離抵抗性および品質の均一性を確保するために混和材として使用する。ベントナイトの量はセメント水比に応じて、練り水に対する重量比を 1.0～4.5% の範囲で調整する。

(2) 製造方法

本工法に用いる標準的な製造設備を図一 3 に示す。主要な設備として、コンクリート破砕材を計量して攪拌装置に投入する設備、セメントベントナイトスラリーを作液して攪拌装置に圧送する設備、破砕材とスラリーの混合攪拌を行う設備が必要となる。セメントベントナイトスラリーの作液には現場設置式のスラリープラントを用いる。セメントのほかにベントナイトを計量、添加できる機能を備えていることが必要である。また、本工法は生コンプラント等の常設プラントでも製造可能である。攪拌装置は強制二軸ミキサーに限定さ



写真一 1 本流動体の製造風景

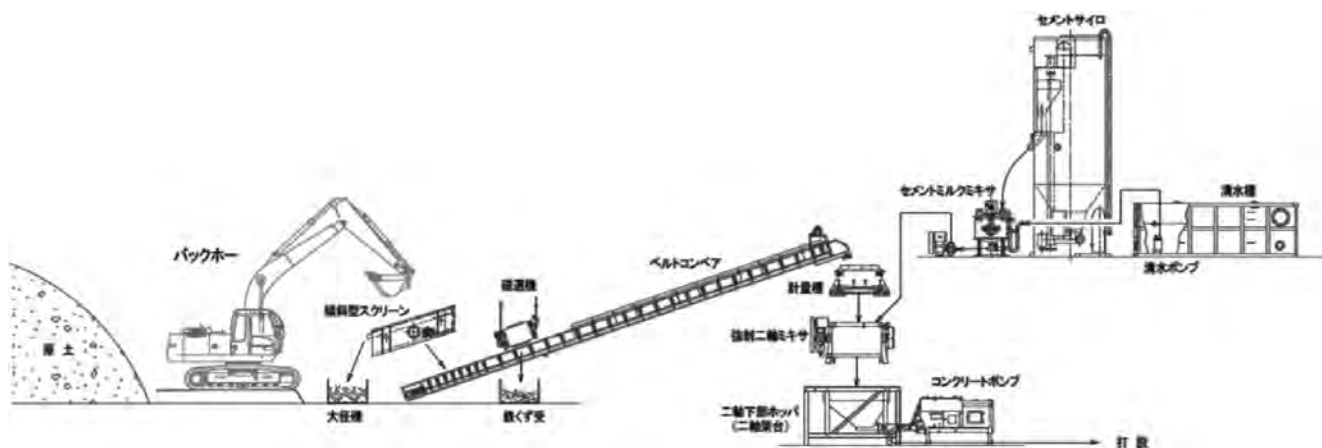
れず、トラックミキサを用いれば、攪拌、運搬、打設までこなすことができる。写真一 1 にトラックミキサを用いた製造風景を示す。ベルトコンベアの奥にトラックミキサを待機させ、骨材を投入しているところである。

(3) フレッシュ性状

本流動体のスランプは、混和材のベントナイト量を加減することにより 14～24 cm の範囲で調整することができる。スランプが 21 cm の場合、数 m の水平距離であれば約 10% の流動勾配で流下することが確認できている (写真一 2, 3)。

(4) 固化体の品質

本流動体硬化後の固化体から採取したコアの拡大写真を写真一 4 に示す。コアの表面には骨材のコンクリート破砕材が均一に分布していることが観察できる。固化体の圧縮強度 (4 週材齢時) とスラリーのセメント水比 C/W との関係は図一 4 に示すように相関性が高く、スラリーの C/W (W/C) 0.63～1.25 (80～160%) の範囲で設定することで圧縮強度は約 5～



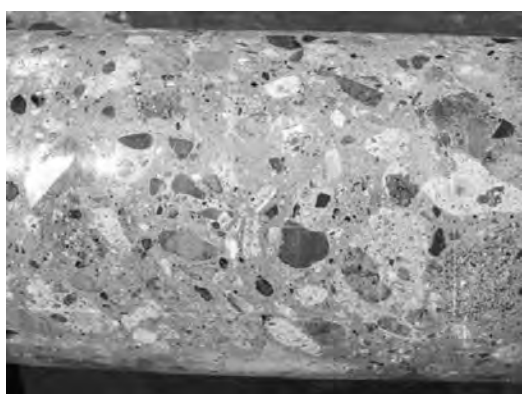
図一 3 本流動体の製造設備の例



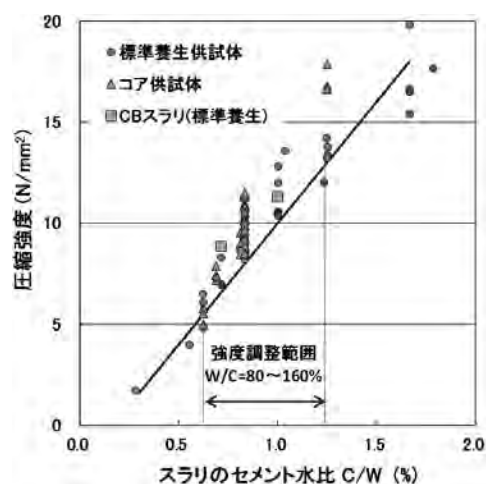
写真一2 スランプ試験時の本流動体



写真一3 本流動体の打設状況



写真一4 コアの表面における破砕材の分布状況



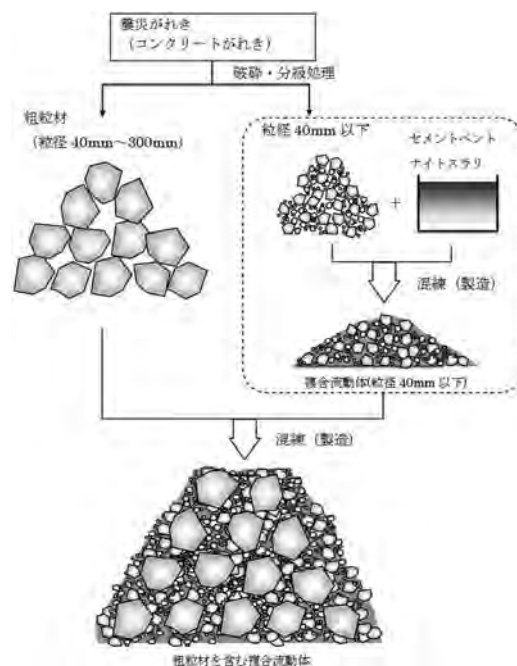
図一4 ガランダム固化体の強度特性

12 N/mm² となる。骨材に土砂分をほとんど含まないので強度のばらつきが少なく、その変動係数は10～15%と小さい。

3. 適用範囲・施工法の拡充

(1) 粗粒材の利用

大規模な震災後のようにコンクリートがれきの迅速な処理・利用が求められる場合に、本工法では骨材として粒径 300 mm 程度までの粗粒材を利用することができる。図一5のように、コンクリートがれきを破碎・分級して、粒径 40 mm 以下の破碎材を用いた通常のガランダム流動体を製造して、これに粒径 40～300 mm の粗粒材を混合して打設する。粗粒材は全体積の 35% 程度まで混合することが可能であり、コンクリートがれきを破碎する手間を半減することができ



図一5 粗粒コンクリート材の利用方法



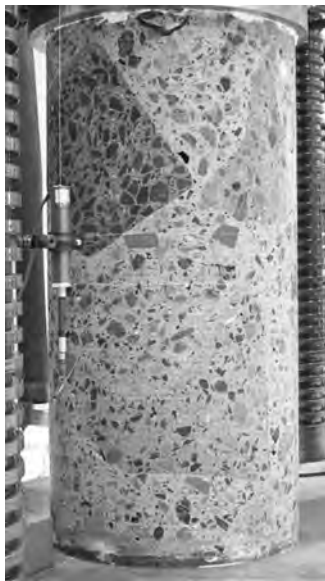
写真一5 粗粒材と本流動体の混合状況



写真一六 粗粒材混合流動体の打設状況



写真一八 バックホウによる攪拌混合



写真一七 粗粒材を含むコア（直径 300 mm）

る。粗粒材の混合にはバックホウを用いる(写真一5, 6)。粗粒材が含まれているので締め固めはバケットで転圧する程度であるが、その密実性は写真一7に示すコアのように粗粒材の隙間を本流動体が隙間なく埋めていることにより確認できる。粗粒材を含むコア供試体の圧縮強度は、本流動体のみの場合と同程度となる。

(2) バックホウによる攪拌混合

敷地条件等により攪拌混合設備を地上に設けることができない場合やトラックミキサが打設箇所に近寄れない場合など、より狭いスペースや掘削場内において製造することを想定して、バックホウによる攪拌方法を考案した。写真一8に示すように攪拌槽を2槽並べて、バックホウで片方の攪拌槽からもう片方の攪拌槽に材料を移し替えることにより材料全体を残さず攪拌することができる。全材料の移動を2往復した後、打設することで均質に混合され、強度とそのばらつき

がミキサー攪拌の場合と同等になる。

(3) ポンプ工法の適用

上述のようなトラックミキサやバックホウによる直接打設に対して、打設効率と狭隘部等への充填性の向上を図るためにポンプ工法の適用が可能か実機施工試験により検証した。試験は茨城県つくば市で、2月に実施した。骨材となるコンクリート破砕材には、金属くずの混入が少ない再生碎石 RC40-0 を購入して用いた。骨材混入率 0.60 ~ 0.68 の本流動体（スランプ 22.5 ~ 15.0 cm）を製造し、ピストン式のコンクリートポンプ車（8t車）のブーム輸送管 26 m とほぼ水平に設置した 5B 配管（ ϕ 125 mm）33 m の計 59 m を通して圧送することができた。また、スランプ 22.5 cm の流動体を圧送した後、30 分の静置時間を置いてスランプ 15.0 cm の流動体を圧送したところ、先と同様に圧送でき、材料分離等による配管詰まりは生じなかった。また、圧送中のいずれの時点においてもポンプ圧力が大きく上昇することはなかった。ポンプの故障の原因とされる金属くずを入念に取り除けば、ポンプ圧送、配管打設が可能であることを確認することができた（写真一9）。



写真一九 配管打設の状況

4. おわりに

本ガランダム工法の初期の開発からまもなく10年となるがその間、新たなニーズに対して施工法を改良してきた。現場製造の基本は変わらず製造設備の設置スペースは必要であるが、打設についてはポンプ工法が適用でき作業の効率化のほか狭隘部、空洞部への充填も可能となった。今後、エネルギー施設などのリブレースに伴い大量に発生するコンクリート解体材の有効利用方法としての適用が期待される。

J C M A

《参考文献》

- 1) 山崎 他, 「コンクリート再生材を利用したセメントベントナイト複合固化体の開発 (その1, その2)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.485 ~ 488, 2007
- 2) 西 他, 「コンクリート再生材を利用したセメントベントナイト複合固化体の開発 (その5)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.485 ~ 488, 2007
- 3) 西 他, 「粗粒コンクリート塊を混合したセメントベントナイト複合固化体の施工方法」, 土木学会第68回年次学術講演会梗概集, pp.519 ~ 520, 2013

〔筆者紹介〕

西 正晃 (にし まさてる)
安藤ハザマ
技術本部技術研究所建築研究第二部
主任研究員



大規模土工事における岩塊の有効活用と搬送設備のリユース

東松島市野蒜北部丘陵地区震災復興事業における取組み

白 土 稔・新 井 健 司

本事業は、東日本大震災により甚大な被害をうけた宮城県東松島市野蒜地区の住宅、公共公益施設及びJR仙石線を、高台に移転することにより、災害に強い街づくりを進めている。本工事では、早期復興を目的とし調査、測量、設計、施工を一体的業務としてCM方式を発注者（UR都市機構）が採用し、CMrより建設機械の大型化やベルトコンベヤの導入、掘削岩の破碎による有効活用及び施工施設の再利用を提案し、その結果、大幅な工期短縮、資源の有効活用、省エネルギー化、省資源化を達成することができた。
キーワード：震災復興、大規模土工、コンストラクションマネジメント、ベルトコンベヤ、大型重機、破碎機、資源の有効活用、省資源化

1. はじめに

本事業（施行者：東松島市、受託者：UR都市機構）は、施行地区面積91.5ha、計画人口約1,370人（約448戸〔防災集団移転住宅：278戸、災害公営住宅：170戸〕）の高台移転地を整備するものである（写真—1）。

造成工事では、掘削量550万 m^3 、盛土量240万 m^3 、残土処分310万 m^3 の大規模工事となり、通常的手法では10～15年程度を要すると考えられる事業を1日も早い復興を目指して、CM（コンストラクションマネジメント）方式による測量・調査・設計・施工を一

体的業務として一括発注方式を採用している。CMr（コンストラクションマネージャー）は、工事着手後に測量・地質調査を実施し、関係機関との協議を経て詳細設計を行い、同時に着手可能な部分から工事施工に着手するファストトラック方式を採用することで、わずか1.5年でJR仙石線移転部を引渡し、4年で全ての宅地引渡しを完了させた。

本稿では、1日も早い復興が求められる中で、工事で発生した大量の岩塊や工事に要した施設を復興事業に有効活用するとともに、消費されるエネルギーや燃料等の資源をできるだけ少なくする取組みを行ったので報告する。



写真—1 松島湾側から見た全景

2. 大規模土工事の課題と対応策

(1) 工程の長期化と交通、公害問題

本事業地は、特別名勝松島の保護指定地域であり、造成地が松島湾の展望台から直接見えないよう海側の緑地を残すことが条件であった。また、JR 仙石線の移設にあたり鉄道勾配の制約から軌道敷高さを EL 22.0 m、宅地は擁壁を極力設けず平坦にすること、既存の県道・市道との道路接続を条件に土工量の削減を目指した設計をしたが、掘削量 550 万 m^3 、事業用地内盛土 240 万 m^3 、場外搬出 310 万 m^3 の大規模土工事となった。本事業の大規模土工事における課題は、以下のとおりである。

(a) 場外搬出工程の長期化

一般的な機械の組合せによる計画では、掘削に 32 t 級ブルドーザ 9 台、積込に 1.4 m^3 級バックホウ 12 台、場内運搬及び場外搬出に 10 t 級ダンプトラックを 1 日約 100 台使用し、同時並行的に 240 万 m^3 の場内盛土と 310 万 m^3 の場外搬出を行っても約 45 ヶ月の期間を要し、迅速な復旧の支障となる。

(b) 化石燃料の大量消費及び CO_2 の発生

一般的な機械の組合せでは、掘削・積込・場内盛土・場外搬出で化石燃料を約 16,237 kl 使用し、温室効果ガスである二酸化炭素を約 41,891 t 排出することになる。

(c) 一般道の渋滞、交通事故

場外搬出に 10 t 級ダンプトラックを使用すると、交通量の増加による渋滞や交通事故の発生が懸念される。

(d) 排気ガス、粉塵、騒音、振動の発生

一般道沿いには、被災した家屋をリフォームして住居としている方が点在しており、ダンプトラックの排出ガス、ほこり、騒音、振動が懸念される。

これらの課題への対策と効果を以下に示す。

(a) 重機の大型化

掘削に 70 t 級ブルドーザ 6 台、積込に 5.0 m^3 級バック

ホウ 4 台、運搬に 40～50 t 級重ダンプ 6 台を採用(写真—2) し場内盛土に着手、ベルトコンベヤによる場外搬出時(写真—3)には最大で 70 t 級ブルドーザ 15 台と 5.0 m^3 級バックホウ 10 台及び 40～50 t 級重ダンプ 19 台を投入し、掘削・盛土を 25 ヶ月に短縮した。重機を大型化したことにより、標準案の 24% となる化石燃料を 1,580 kl、二酸化炭素の発生を 4,076 t 削減した(表—1)。

(b) ベルトコンベヤによる場外搬出

大型のベルトコンベヤ(幅 1.8 m、延長 1,215 m)を設置し、1 日あたり 13,000 m^3 の搬出を行い、場外搬出を 10 ヶ月に短縮した。これにより、10 t ダンプトラック使用による化石燃料の大量消費が無くなり、二酸化炭素の発生を標準案の 79% となる 19,754 t 削減することができた(表—2)。また、一般道のダンプトラック運搬を無くすことで、渋滞や事故の発生をゼロにすることができた。

(c) ベルトコンベヤにおける環境対策

ベルトコンベヤは、再建家屋を避けたルート選定し(図—1)、ベルトコンベヤ全線に防塵カバーを取付け、ベルト乗継部は建屋で囲いクッションゴムローラや空気パネの採用による衝撃吸収等を実施した(写真—4)。これにより、粉塵の発生を抑制し、騒音・振動については、特定建設作業の環境基準値(騒音 85 dB 以下、振動 75 dB 以下)を下回り、ベルトコンベヤ近傍の民家において騒音は 60 dB 程度、振動は 32 dB 程度に抑制した。

(2) 岩塊の盛土材への有効活用

造成地の地質は、軽石凝灰岩及びシルト岩で、軟岩が 98% であった。また、盛土材料の最大粒径は 30 cm 以下で、仕上げ面から深さ 5.5 m 未満の表層盛土材の最大粒径は 10 cm 以下とし、径 3.75 cm 以上の混入率は 40% 未満に規定されていた(図—2)。一方で、場外搬出した残土についても、他の復興事業等で有効活用したいとの要望があった。これらの課題を以下に示す。



写真—2 大型重機による掘削・積込・運搬状況



写真—3 ベルトコンベヤによる場外搬出

表一 重機の大型化による燃料使用料と CO₂ 排出量の削減効果

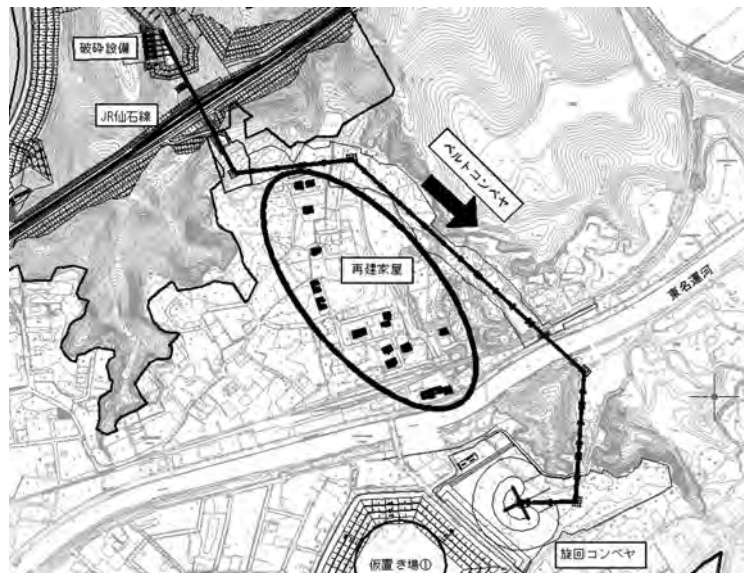
バックホウの 大型化	単位	仕様		削減量 (削減率)	
		当初計画	変更後		
規格	m ³	1.4	5.0		
対象土量	m ³	5,500,000			
1日あたり 作業量	m ³ /台日	550	2,130		
1日あたり 燃料消費量	L/日	242	683		
延べ稼働台数	台日	10,800	2,560	▲ 8,240	(76 %)
燃料使用量	L	2,614,000	1,748,000	▲ 866,000	(33 %)
CO2排出量	t	6,744	4,510	▲ 2,234	
ブルドーザの 大型化	単位	仕様		削減量 (削減率)	
		当初計画	変更後		
規格	t	32	70		
対象土量	m ³	5,500,000			
1日あたり 作業量	m ³ /台日	780	1,500		
1日あたり 燃料消費量	L/日	333	567		
延べ稼働台数	台日	8,100	3,840	▲ 4,260	(53 %)
燃料使用量	L	2,697,000	2,177,000	▲ 520,000	(19 %)
CO2排出量	t	6,958	5,617	▲ 1,342	
ダンプの 大型化 (場内盛土)	単位	仕様		削減量 (削減率)	
		当初計画	変更後		
規格	t	10	50		
1台あたり 積載量	m ³	4.5	21.0		
対象土量	m ³	2,400,000			
1日あたり 運搬回数	回/日	52	50		
1日あたり 運搬量	m ³ /日	234	1,050		
1日あたり 燃料消費量	L/日	120	450		
延べ稼働台数	台日	10,320	2,320	▲ 8,000	(78 %)
燃料使用量	L	1,238,000	1,044,000	▲ 194,000	(16 %)
CO2排出量	t	3,194	2,693	▲ 501	
掘削・積込・場内盛土における合計	単位	当初計画	変更後	削減量 (削減率)	
使用燃料合計	L	6,549,000	4,969,000	▲ 1,580,000	(24 %)
CO2排出量	t	16,896	12,820	▲ 4,076	

表二 ベルトコンベヤ採用による燃料使用料と CO₂ 排出量の削減効果

ベルトコンベヤへの 変更 (場外搬出)	単位	仕様			削減量 (削減率)	
		当初計画	変更後			
	運搬区分	現場 ～場外仮置場	現場 ～破砕機 ～場外仮置場	破砕機 ～場外仮置場 ベルトコンベヤ		
規格	-	10tダンプ	50tダンプ	ベルトコンベヤ		
1台あたり 積載量	m ³	4.5	21.0			
対象土量	m ³	3,100,000	2,800,000 ※1			
1日あたり 運搬回数	回/日	13	50			
1日あたり 運搬量	m ³ /日	38.4	1,050			
1日あたり 燃料消費量	L/日	120	450			
延べ稼働台数	台日	80,729	2,667			
燃料使用量	L	9,688,000	1,200,000	285,000 ※2	▲ 8,203,000	(85 %)
電気使用量	kwh			2,386,000		
CO2排出量	t	24.995	3.096	2.145	▲ 19,754	(79 %)

※1 当初計画と変更後の対象土量の差30万m³は、別事業への流用の為、他業者により場外搬出を行った

※2 ベルトコンベヤ設置・解体時の燃料



図ー1 再建家屋を避けたベルトコンベヤのルート図

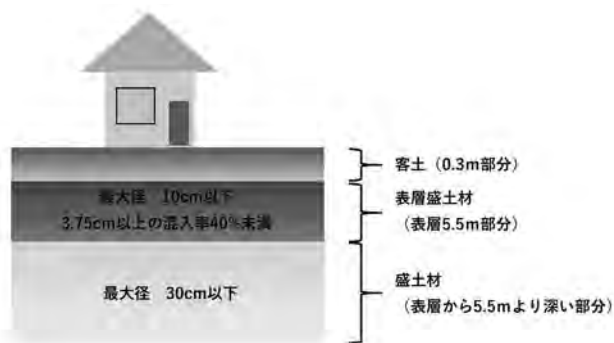


ベルトコンベヤカバー及び乗継部の建屋



衝撃吸収用空気バネ

写真ー4 ベルトコンベヤにおける環境対策



図ー2 宅地盛土の構成



写真ー5 掻き越し状況と大塊状況

(a) 大塊の混入

亀裂が少ない軟岩のため、リッパ付ブルドーザで掻き起すと80～100cmの大塊が含まれる。そのままでは盛土材料としては利用不可能であった(写真ー5)。

(b) ベルトコンベヤの最大積載径

ベルト幅1.8mのベルトコンベヤで搬送するには、ベルト上での安定性や乗継時の詰まりの問題から最大径を30cm以下にする必要がある。

対策と効果を以下に示す。

(a) 自走式破碎機による破碎

国内に数台しかないと言われる80cmの大塊を破碎できる大型の自走式破碎機を使用して30cm以下に一次破碎し(写真ー6)、さらに中型の自走式破碎機で10cm以下に二次破碎した(写真ー7)。その結果、168万 m^3 を盛土材料として、72万 m^3 を表層盛土材料として有効活用した。

(b) 破碎設備による破碎

グリズリ振動フィーダとジョークラッシャ各5台か



写真一六 大型自走式破碎機



写真一七 中型自走式破碎機



写真一八 破碎設備全景

らなる破碎設備を設置し、30 cm 以下に破碎してからベルトコンベヤにより場外搬出した（写真一八）。場外搬出土の全量 278 万 m^3 を堤防の嵩上げや震災で沈下した工業用地、農地の嵩上げ等に役立てることができた。

(3) ベルトコンベヤ搬送に使用したボックスカルバートの有効活用

高台移転地と旧市街地は、移設される JR 仙石線により分断されるため、東松島市と UR 都市機構では、旧市街地の復興のために高台移転地へのアクセス施設の検討を進めていた。一方で、場外搬出にベルトコンベヤを採用したことで、設置ルートは JR 仙石線と交差することになるが、ベルトコンベヤによる場外搬出

と JR 線の軌道工事を同時期に施工しなければならない。このときの課題を以下に示す。

(a) ベルトコンベヤ用仮設トンネルの撤去

場外搬出と軌道工事を同時期に施工するには、安全性を考慮して JR 線の下部に仮設トンネルを埋設し、その中にベルトコンベヤを通す必要がある。しかし、搬出完了後の仮設トンネルは、鉄道は一旦開業してしまうと軌道下の撤去工事が非常に難しくなる。

(b) 列車荷重を考慮したトンネル

JR 仙石線は、平成 27 年秋頃に開業予定であり、トンネルを軌道下に残置するには、列車走行時の荷重を考慮した、RC 造りのボックスカルバートとする必要がある。ボックスカルバートを場所打コンクリートで構築するには約 5 ヶ月を要し、JR 軌道敷の引渡し工程に間に合わない。

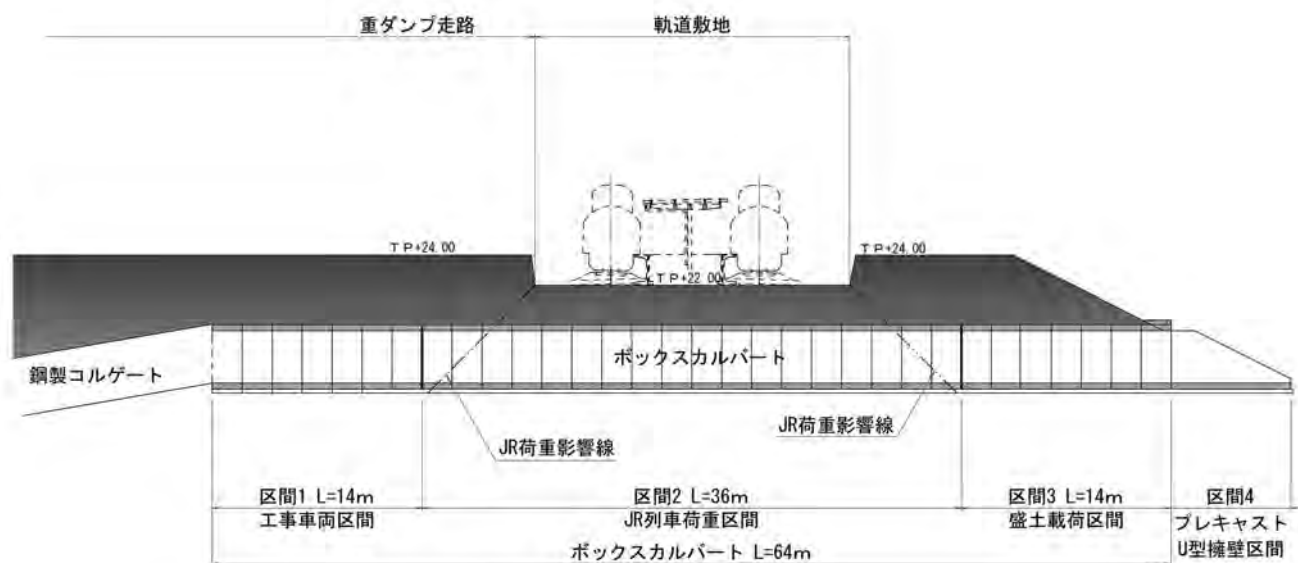
対策と効果を以下に示す。

(a) 本設構造物としてボックスカルバートを設計

列車荷重を考慮した本設構造物として、RC 造のボックスカルバートを設置し、ベルトコンベヤ搬送終了後も撤去しないこととした。構造検討では、区間 1 は、工事用道路とするため 50 t 級ダンプトラックの荷重を考慮した。区間 2 は、JR 列車荷重を軌道敷地の両端部から 45 度の分散角として考慮した。区間 3 は、JR 列車荷重影響範囲から外れた盛土荷重を考慮した（図—3）。区間 1～3 については、応答変位法に地震荷重（レベル 2）で断面設計、断面照査を行った。ただし、区間 2 に関しては、その上部施設の重要性和安全性から、施設管理者（JR 東日本）の基準書である「鉄道構造物等設計標準・同解説」に準拠し、（財）鉄道総合技術研究所の開削トンネルプログラム JRBOX 及び静的非線形解析プログラム SNAP を使用し、設計耐用年数 100 年として設計を行った。区間 4 については、ボックスカルバートの端部となっており、将来的な利用と景観を考慮して、プレキャスト U 型擁壁とし道路土工「擁壁工指針」に準拠した。これにより、軌道敷下部のボックスカルバート残置が JR 東日本に承認された。

(b) ボックスカルバートのプレキャスト化

ボックスカルバートは延長 64 m、内幅 4.0 m、内空高 3.5 m、壁及び上下床板厚さ 0.4 m となり、プレキャスト化による工程短縮を図った。運搬車両の制限から上下 2 分割、長さ 2.0 m のプレキャスト部材とし、120 t 級オールテレーンクレーンにて約 1 ヶ月で設置を完了させた（写真—9）。これにより、平成 26 年 1 月よりベルトコンベヤによる場外搬出を開始し（写真



図一3 荷重条件別のボックスカルバートの設計区分



写真一9 ボックスカルバート設置



写真一10 ボックスカルバート内の土砂搬送状況



写真一11 ボックスカルバート内装

一10)、平成26年6月にJR仙石線用地を引き渡し、当初予定より4ヶ月早い平成27年5月のJR仙石線運行再開に寄与できた。

(c) 自由通路としての再利用

ベルトコンベヤによる場外搬出完了後は、ボックスカルバートの内装工事(写真一11)、事業用地側の地上に上がる階段室(写真一12)及び地上部の建築工事(写真一13)、旧市街地側にロータリー、駐車場、駐輪場を備えた交通広場(写真一14)を整備した。



写真一12 階段室躯体



写真—13 階段室上屋



写真—14 南側交通広場

これにより、地元要望のアクセス施設として利用可能となり、トンネル撤去に伴う産業廃棄物をゼロにすることができた。

3. おわりに

本事業では、迅速な復興が求められる中で、工事で発生した建設副産物や仮設構造物を復興事業に有効活用するとともに、消費されるエネルギーや燃料等の資

源をできるだけ少なくする取組みを行った。この取組みにより、「平成27年度リデュース・リユース・リサイクル推進功労者等表彰」において、国土交通大臣賞を受賞することができた。

野蒜北部丘陵地区の復興事業は、平成28年11月をもってすべての住宅地を完成、引渡しをすることができ、引き続き公園整備等を実施しており平成29年4月末にはすべての工事を完成させる予定である。被災者の一日も早い生活再建のため、最後の追い込みに鋭意努力していきたいと考えている。

謝 辞

最後に本事業を進めるにあたり、早期復興を目指すための提案等を受け入れて下さった東松島市のご英断とUR都市機構のご指導、そして事業を進めるにあたり多大なるご理解、ご協力を頂きました地元住民の皆様にお礼を申し上げます。

J C M A

【筆者紹介】



白土 稔（しらとみのる）
大成建設㈱
東松島市野蒜北部丘陵地区震災復興事業
大成・フジタ・佐藤・国際開発・エイト日技共同企業体
統括管理技術者兼作業所長



新井 健司（あらいけんじ）
大成建設㈱
東松島市野蒜北部丘陵地区震災復興事業
大成・フジタ・佐藤・国際開発・エイト日技共同企業体
工事課長代理

震災コンクリートがらを利用した 海水練りコンクリートの製造・施工

新村 亮・竹田 宣典

東日本大震災によって発生したコンクリートがらの有効利用を目的として、破碎を極力省略した大割りのコンクリートがらと海水を使用した海水練りコンクリートの試験製造・施工を行った。プレパックドコンクリート工法（以下「プレパックド工法」という）およびポストパックドコンクリート工法（以下「ポストパックド工法」という）により、大割りのコンクリートがらを粗骨材として多量に使用することが可能となる。また、練り混ぜ水として海水を使用することにより、コンクリートの強度発現の促進による工期短縮が期待できるとともに、長期の強度増進が図れる。ここでは、大割りのコンクリートがらと海水を使用し、港湾用ブロック、防潮堤を試験製造・施工した結果を紹介する。

キーワード：コンクリートがら、有効利用、海水、プレパックドコンクリート、港湾用ブロック、防潮堤

1. はじめに

東日本大震災では、岩手、宮城、福島 の3県で約 1,802 万トンの災害廃棄物が発生し、そのうち概算で約 400 万トンがコンクリートがらであると推計される¹⁾。発生したコンクリートがらの多くは破碎され、路盤材や盛土材として再利用されているが、被災地においては、より迅速かつ効率的な処理が求められ、できる限り破碎を行わない再利用方法が望まれる。

また、震災直後はライフラインの寸断により、真水の調達が困難となることが危惧される。このような場合においても、比較的容易に調達できる海水を練混ぜ水として使用することによって、コンクリートの早期強度発現や強度増進が図れ、工期短縮が期待できる²⁾。

これらのことから、コンクリートがらを利用したプレパックド工法、およびモルタル打設後に粗骨材を投入するポストパックド工法を応用し、破碎過程を極力省略した大割りのコンクリートがらと海水を使用したコンクリートの製造・施工を行った。そこで、これらの方法を適用した港湾用の消波ブロックおよび根固めブロックの試験製造³⁾、および、防潮堤の試験施工結果⁴⁾について紹介する。

2. コンクリートがらの有効利用の方法

震災で発生した大割りのコンクリートがら（写真—1）を、できるだけ破碎を行わずにコンクリート用材

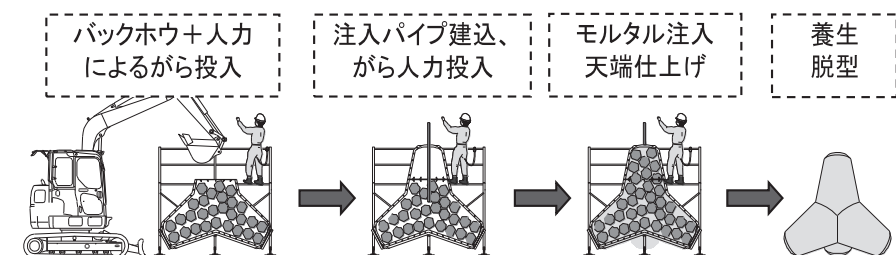


写真—1 震災で発生したコンクリートがら

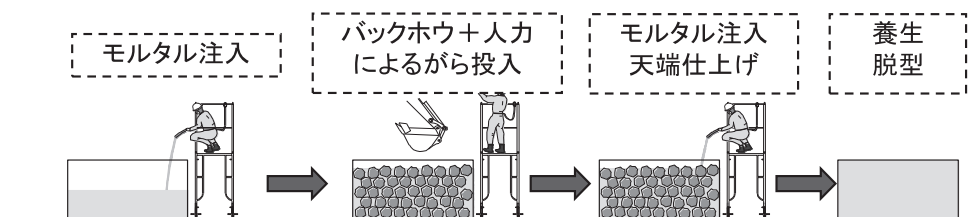
料として有効利用する場合、コンクリートがらの寸法が大きいため、骨材として通常のミキサで練り混ぜることは難しい。そこで、下記の2つの方法の適用を検討した。

（1）プレパックド工法

プレパックド工法の概要を図—1に示す。大割りのコンクリートがらを型枠に投入し、型枠内に挿入した注入パイプから充填モルタルを注入する。型枠中のコンクリートがらの充填状況を注入前に確認し易いため、比較的複雑な形状の構造物にも適用できる。使用する充填モルタルは、材料分離やブリーディングが少なく、流動性が高いなどの性能が必要である。



図—1 プレバックド工法の概要



図—2 ポストバックド工法の概要

(2) ポストバックド工法

ポストバックド工法の概要を図—2に示す。あらかじめ型枠内に充填モルタルを打ち込み、その後、大割りのコンクリートがらを投入する。未充填の懸念は少なく施工できるが、投入後のコンクリートがらの充填状況を目視で確認することができないため、直方体のブロックのような単純な形状の構造物に適している。

(2) 充填モルタルの使用材料と配合

充填モルタルの目標性能を表—2に示す。粗骨材として使用するコンクリートがらの寸法は300～500mmであり、粗骨材間の空隙が大きいことから、P漏斗流下時間の目標値を90秒程度以下とした。また、凍結融解抵抗性の確保のため、充填モルタルの空気量は8.0～12.0%とした。なお、これらの充填モルタルは事前の室内実験によって、練上がり後60分まで施工可能であることを確認した。

3. 使用材料と配合

(1) コンクリートがらの品質

膨大な量のコンクリートがらを効率よく利用するには、できるだけ破碎の手間を省いた形での利用が望ましいことから、粒径300～500mmの大割りのコンクリートがらを使用した。コンクリートがらは、相馬港で津波の被害を受け撤去したコンクリートケーソンをジャンボブレイカ等で破碎したものである。コンクリートがらの物性値を表—1に示す。コンクリートがらの密度は 2.37 g/cm^3 、圧縮強度は 37.2 N/mm^2 であった。圧縮強度試験はコンクリートがらから直径50mmのコアを採取して行った。

表—1 コンクリートがらの物性

項目	測定結果
寸法 (mm)	200～400
密度 (g/cm^3)	2.37
吸水率 (%)	7.18
圧縮強度 (N/mm^2)	37.2

表—2 充填モルタルの目標性能

試験項目	目標値
P漏斗流下時間 (JSCE F 521)	90秒程度以下
空気量 (JIS A 1128)	8.0～12.0%
ブリーディング率 (JSCE F 522)	3時間で3%以下
膨張率 (JSCE F 522)	2～5%

充填モルタルの使用材料を表—3に、配合を表—4に示す。セメントには高炉セメントB種、練混ぜ水には海水あるいは真水を使用し、防潮堤の施工では結合材の一部に石炭灰を使用した。ブロックの設計基準強度、打ち上がり高さの違いによるブリーディングの発生状況、および施工性を考慮して、水結合材比(W/B)は、消波ブロック、防潮堤では40.0%、根固めブロックでは45.0%とした。また、モルタルとコンクリートがらの一体性の確保を目的として膨張剤(アルミ粉末)を使用し、収縮ひび割れ抑制を目的として膨張材を使用した。

表－3 モルタルの使用材料

分類	種類	記号	摘要
水	真水	W	水道水
	海水		塩化物イオン濃度：1.88%
結合材 (B)	高炉セメント B 種	C	密度：3.04 g/cm ³
	膨張材	EX	主成分：CaO, 密度：3.16 g/cm ³
	石炭灰	FA	密度：2.21 g/cm ³
細骨材	砕砂	S	密度：2.66 g/cm ³ , 寸法：5 mm 以下
発泡剤	アルミニウム粉末	AL	反応遅延タイプ
混和剤	高性能 AE 減水剤	AD	ポリカルボン酸系

表－4 充填モルタルの配合

種別	練混ぜ水	W/B (%)	S/B	単位量 (kg/m ³)					
				W	B			S	AI
					C	Ex	FA		
消波ブロック用	海水	40.0	1.7	263	618	40	－	1,119	0.04
	真水	40.0	1.7	263	618	40	－	1,119	0.04
根固めブロック	海水	45.0	1.7	286	595	40	－	1,080	0.04
	真水	45.0	1.7	286	595	40	－	1,080	0.04
防潮堤用	海水	40.0	1.4	284	600	40	71	995	0.04

4. コンクリートがらを用いた港湾用ブロックの試験製造

(1) 製造概要

製造の対象とする港湾用ブロックは、無筋構造物である消波ブロック（25 t 型、高さ 3.3 m × 幅 3.94 m）および根固めブロック（40 t 型、高さ 1.5 m × 幅 3.0 m × 長さ 4.0 m）とした。消波ブロックおよび根固めブロックのコンクリートの設計基準強度は 18 N/mm² である。

港湾用ブロックの製造状況を写真－2 に示す。形状が複雑であるが、型枠中のコンクリートがらの充填状況を確認できる消波ブロックには、プレパッキング工法を適用し、単純な形状の根固めブロックには、ポス

トパッキング工法を適用した。いずれの工法においても、1 辺 800 mm のブロックによる事前の試験製造において、型枠中へ投入したコンクリートがらとモルタルの使用量を測定し、1 m³ 当たり約 0.5 m³ のコンクリートがらを使用できることを確認した。

充填モルタルおよびコンクリートの練混ぜには、写真－3 に示すような専用の現地プラントを使用した。

(2) 港湾用ブロックの品質確認

(a) 注入モルタルの充填状況

脱型後の港湾用ブロックの表面状態を写真－4 に示す。消波ブロック、根固めブロックともに、コンクリートの表面に未充填箇所はなく、有害なひび割れのないことを確認した。



(a) 消波ブロック（プレパッキング工法）



(b) 根固めブロック（ポストパッキング工法）

写真－2 港湾用ブロックの施工状況



写真—3 専用現地プラント

写真—5 試験用ブロックより採取したコア供試体
(プレバッキング工法)

(a) 消波ブロック (プレバッキング工法)



写真—6 φ 150 mm プレバッキング工法供試体の作製状況



(b) 根固めブロック (ポストバッキング工法)

写真—4 港湾用ブロックの表面状態



写真—7 ブロックの作製状況 (プレバッキング工法)

また、寸法 300 ～ 500 mm のコンクリートがらを使用して作製した 1 辺 800 mm の試験用ブロックから採取したコア供試体の表面状態を写真—5 に示す。コアの表面に未充填箇所や空隙はなく、コンクリートがらと充填モルタルの界面も良好に密着していることが確認された。

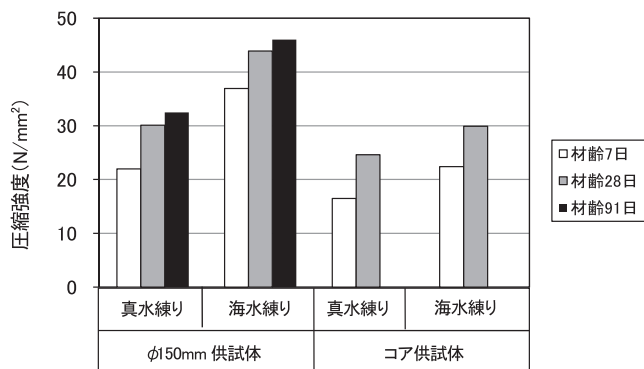
(b) 圧縮強度の確認結果

圧縮強度は、ふるい分けにより粒径 40 mm 程度に選別したコンクリートがらを粗骨材として用い、プレバッキング工法およびポストバッキング工法により作製した直径 150 mm、高さ 300 mm の供試体 (写真—6) と 1 辺 800 mm の試験用ブロック (写真—7) から採取したコア供試体の 2 種類によって確認した。プレ

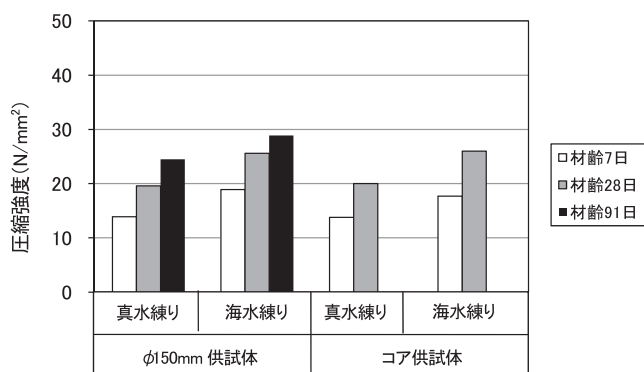
バッキング工法により作製した φ 150 供試体およびコア供試体の圧縮強度を図—3 に、ポストバッキング工法の圧縮強度を図—4 に示す。

いずれのコア供試体においても、港湾用ブロックの設計基準強度 (18 N/mm^2) が発現する時期は、練混ぜ水に真水を使用した場合では材齢 28 日であったが、海水を使用した場合では材齢 7 日となり、海水を用いることにより、圧縮強度が大きく増大した。また、海水の使用により、特に初期材齢における強度が増大し、脱型時期を早めることが可能と考えられる。

海水を用いたコア供試体の材齢 28 日における圧縮強度は、消波ブロック (W/C = 40.0%) では 30 N/mm^2 以上、根固めブロック (W/C = 45.0%) では



図一三 消波ブロックの圧縮強度（プレパックド工法）



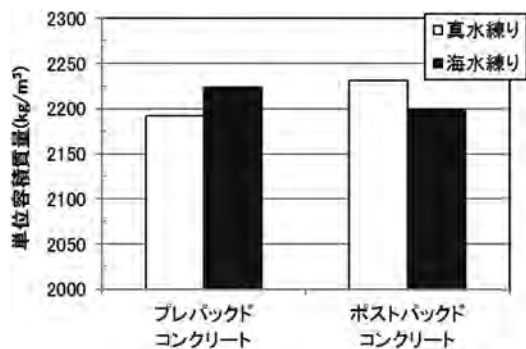
図一四 根固ブロックの圧縮強度（ポストパックド工法）

25 N/mm² 程度が得られた。この様に港湾用ブロックとして十分な強度が発現することが確認された。

(c) 単位容積質量

コア供試体の単位容積質量を図一五に示す。コンクリートがらを使用したプレパックドコンクリートおよびポストパックドコンクリートの単位容積質量は2.20～2.25 t/m³ 程度であった。

これは、単位容積質量の比較的小さな充填モルタル（約 2,000 kg/m³）と比較的密度の小さなコンクリートがら（2,370 kg/m³）を使用しているためで、ブロック等の必要な重量について設計時に確認することが必要と考えられる。



図一五 コア供試体の単位容積質量

5. コンクリートがらを用いた防潮堤の試験施工

(1) 施工概要

試験施工した防潮堤は長さ 10 m × 高さ 3 m × 幅 1.5 ～ 1 m で、長さ 5 m の 2 ブロックに分けて、プレパックド工法で施工した。施工時の状況を写真一八に示す。



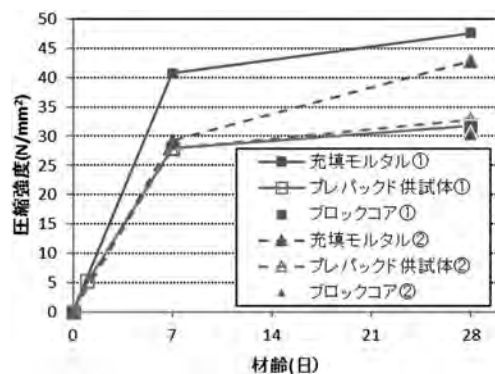
写真一八 防潮堤でのモルタル注入状況

(2) 品質確認結果

完成後の外観を写真一九に、①、②ブロック毎の強度試験結果を図一六に示す。脱型後には表面に有害なひび割れや充填不良は見られなかった。また、注入モルタルの強度は材齢 28 日で 45 N/mm² 程度、20



写真一九 防潮堤の完成後外観



図一六 コンクリート強度試験結果

℃で封函養生したプレパックス工法供試体、80 cm 角のブロックから採取したコア強度とも 30 N/mm^2 程度の強度を有しており、設計基準強度 18 N/mm^2 を十分に上回った。

(3) 長期性状試験結果

施工後、約2年経過した時点で躯体からコアの採取を行った。コアの採取は天端の3箇所から鉛直方向に、また、側面の高さ0.5、1.5、2.5 mの3箇所で水平方向に行った。

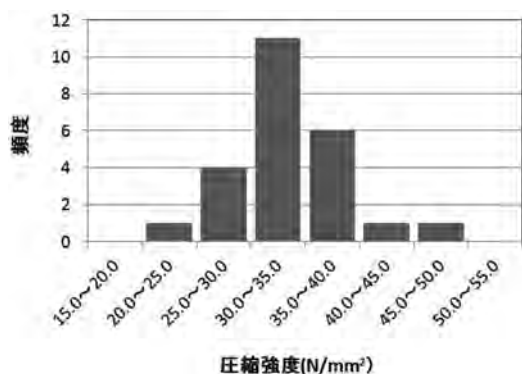
コアの表面性状を写真—10に、コアの圧縮強度の頻度分布を図—7に示す。がらの周囲に空隙は見られず、モルタルは密実に充填されていた。コア圧縮強度の平均は 33.7 N/mm^2 、単位容積質量の平均は $2,230 \text{ kg/m}^3$ であった。高さが高いほど密度がやや小さい傾向は見られるが、圧縮強度の高さ方向の分布に特定の傾向は見られず、圧縮強度は設計基準強度を十分に上回っていた。

6. おわりに

震災によって発生したコンクリートがらの有効利用を目的として、極力破碎することなく、大割りのまま



写真—10 コアの表面性状



図—7 コア圧縮強度の頻度分布

のコンクリートがらと、注入モルタルの練混ぜ水として海水を使用し、プレパックス工法およびポストパックス工法を適用することにより、港湾用ブロックと防潮堤を現地にて製造、施工することができることが確認された。主な結論を以下に示す。

- ①寸法 300～500 mm のコンクリートがらを粗骨材として用い、港湾用ブロックや防潮堤の製造が可能である。
- ②充填モルタルの練混ぜ水として海水を使用することにより、早期強度が増大し、脱型時期を短縮することが可能である。また、材齢 28 日において、港湾用ブロックとしての十分な圧縮強度が得られる。
- ③プレパックス工法製防潮堤には施工して2年経過後も表面に有害なひび割れなどは見られず、十分な強度を保持していた。

謝 辞

港湾用ブロックの製造は、国土交通省東北地方整備局「東北港湾の災害復旧工事における技術の応募」において実証試験として実施されたものであり、製造後には実海域に設置された。また、港湾用ブロックの製造に際し、日起建設(株)殿および(株)不動テトラ殿に多大なご協力をいただいた。ここに深く感謝いたします。

J C M A

《参考文献》

- 1) 公益社団法人日本コンクリート工学会：東日本大震災に関する特別委員会報告書、2013.3
- 2) 竹田宣典、他：海水および海砂を使用したコンクリート（人工岩塩層）の開発、コンクリート工学、Vol.49、No.12、pp.17-22、2011
- 3) 竹田宣典、他：震災で発生したコンクリートがらと海水を使用した港湾用ブロックの製造、コンクリート工学年次論文集、Vol.36、No.1、pp.1534-1539、2014
- 4) 新村亮、他：がらを利用した海水練りプレパックスコンクリートによる防潮堤の試験施工、土木学会第71回年次学術講演会講演概要集、pp.499-500、2016

【筆者紹介】

新村 亮（しんむら あきら）
(株)大林組
生産技術本部 技術第一部
上級主席技師



竹田 宣典（たけだ のぶふみ）
広島工業大学
工学部 環境土木工学科
教授



産業用ロボットを応用した建設廃棄物選別システム

中 村 聡・井 上 大 輔・白 井 菜 月

建物の解体は事前調査、内装解体、躯体解体の順序で行われ、解体時に発生する建設廃棄物を解体作業員によって品目毎に分別しながら解体していく「分別解体」が基本となっている。そのため、コンクリート塊や建設発生木材は高い再資源化率や再資源化等率が保たれ、金属などの売却可能な有価物についても効率的な選別が行われている。一方で、廃棄物の不法投棄や廃棄物処理に対する労働力不足、解体時の作業環境改善など課題も多い。

本編では、解体工事における選別作業の効率化や安全性向上、廃棄物処理コストの削減を目的に、産業用ロボットおよびロボットビジョンを用いて開発した建設廃棄物選別システムの概要を述べるとともに、実際の解体現場から採取した建設廃棄物を用いて行った実証実験結果について述べる。

キーワード：解体工事、建設廃棄物、選別作業、ロボット、ビジョン

1. はじめに

近年、都市部における再開発事業の増加や高度経済成長期に建てられた建物の更新時期などの理由から解体工事が増加している¹⁾。解体現場では、躯体を重機によって破碎する際に発生する大量のコンクリート塊から鉄筋やアルミサッシなどの金属くず、木くず、プラスチック廃材などを可能な限り重機や人の手により分離・分別しながら作業を行っている。しかし、作業の性質上やむを得ず多種多様の廃棄物が混じり合う事がある。大量のコンクリート塊に他の廃棄物が混入したものを選別するためには多くの時間と労力を必要とするため不法投棄の要因にもなっている。また、解体工事や廃棄物中間処理施設において人の手で行われている廃棄物の選別作業（写真—1）は粉塵や騒音が発生する劣悪な環境で行われるだけでなく、重機や大型車両の周囲で行われる事も多く、重機との接触や挟まれ、高所からの転落などの災害発生の要因にもなっている。近年では少子高齢化に伴う将来的な労働力不足に対応するため、高度な発展を続ける AI やロボット技術を応用したシステム開発にも期待が高まっているが、廃棄物中間処理施設においても産業ロボットと機械学習技術を融合した廃棄物選別ロボットシステムが導入される事例などが出てきている²⁾。

筆者らはこれまで、解体作業の効率化、安全性向上、廃棄物処理の低コスト化や省人化を目的として、廃棄



解体工事での選別作業



中間処理施設の手選別ライン

写真—1 廃棄物選別作業



写真—2 建廃選別システム

物の画像から種別判定を行い、得られた判定結果を基にロボットアームによって自動選別する建設廃棄物選別システム（以下、建廃選別システム、写真—2）の開発を行っている。

本編では、廃棄物が発生する最も上流にあたる解体現場での選別を目的に開発した建廃選別システムの全

体概要を紹介するとともに、実際の解体現場から採取した廃棄物を用いて行った建廃選別システムの選別精度検証実験結果について述べる。さらに、建廃選別システムが周辺環境に与える影響について検討した内容を紹介する。

2. 建廃選別システム

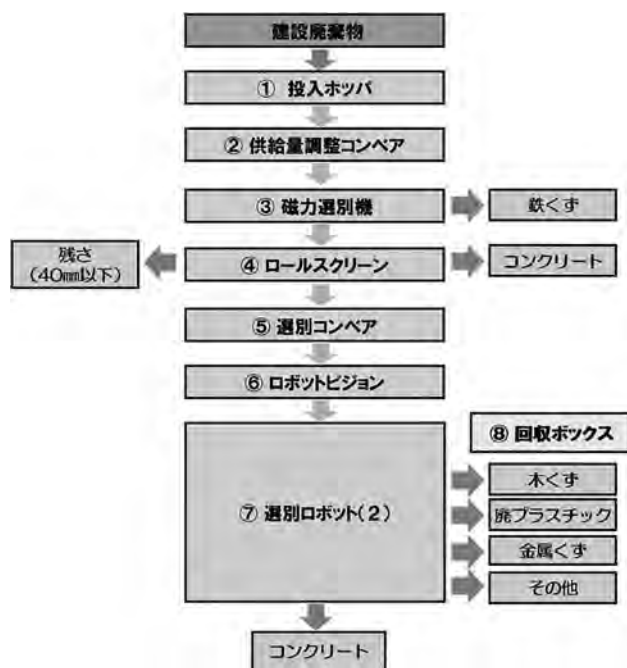
ビルやマンションなどの非木造建物の解体工事から排出される建設廃棄物（建設副産物を含む）の約85%がコンクリート塊であり、次いで約10%が鉄くず、残り約5%の中に木くずやアルミニウムなどの金属くず、廃プラスチックなどが含まれている¹⁾。建廃選別システムは、上記5品目の建設廃棄物に、「その他」の廃棄物を加えた6品目を垂直多関節型ロボット（以下、選別ロボット）と画像から廃棄物種別を判定するロボットビジョンシステムを使用して選別する。

建設廃棄物を効率的に選別するためには、品目毎に選別する前に廃棄物の大半を占めるコンクリート塊と、混入した他の廃棄物へ大まかに分別する必要がある。また、工事現場では騒音や振動が規制されるため、選別ロボットによる作業の前工程として、磁力選別機やロールスクリーンなど振動による選別や廃棄物の移送を行わない既存選別機器を採用した（図—1）。これらの機器を作業エリアが制限される解体現場で使用

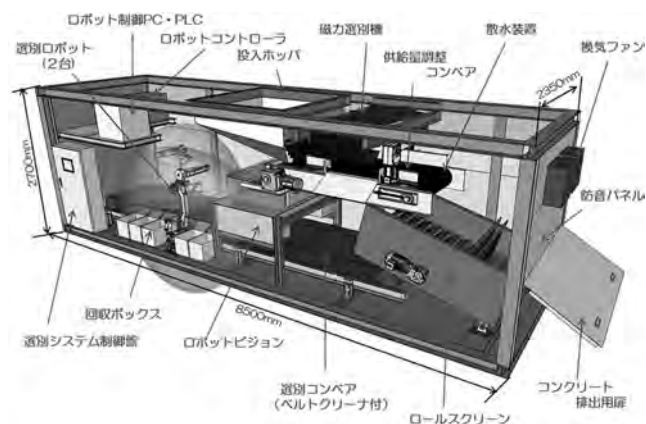
するため、トラック1台で運搬可能なシステムサイズ、重量に収めた（表—1）。

(1) 分別機構

次に建廃選別システムによる選別フローについて説明する（図—2）。システム上部の廃棄物ホッパから投入された混合廃棄物は、磁力選別機を通過して鉄筋などの金属を取り除いた後、傾斜をつけ設置したロー



図—2 システムによる建設廃棄物処理フロー



図—1 建廃選別システム

表—1 選別システム仕様

本体寸法 (mm)	L 8,500 × D 2,350 × H 2,700
本体質量 (kg)	12,500
選別品目	コンクリート塊, 鉄くず, 木くず, 金属くず(アルミなど), 廃プラスチック, その他
選別可能寸法 (mm)	40 - 300
処理速度 (m ³ /h)	1 - 3



写真—3 ロールスクリーンから排出されたコンクリート塊



写真—4 選別用コンベアに排出された廃棄物

ルスクリーンによって大量のコンクリート塊と、混入した他の廃棄物に大まかに分別される。適度に傾斜をつけたロールスクリーンを使用する事で比較的質量が大きく、転がりやすい形状のコンクリート塊は建廃選別システム端部から排出され（写真—3）、質量が小さな木材やプラスチックなどは回転するローラによりロールスクリーンの上端部に移送され選別用コンベアに排出される（写真—4）。この前工程を行う事により鉄などの比較的質量が大きくロボットによる選別の支障となる廃棄物を確実に取り除き、解体現場から発生する廃棄物の中で最も割合が多いコンクリート塊を効率的に分別できるためロボットによる選別作業の精度向上が可能になる。

ロールスクリーンによって抽出された廃棄物はロール状のブラシを使用して重なりが無い状態で選別用ベルトコンベアに並べられ、選別コンベアの上部に設置したロボットビジョンのカメラ（写真—5）で撮影される。取得した廃棄物の画像から対象物の色、形状、表面質感の情報を取得し、廃棄物材質の判定と重心位置の推定を行う。得られた判定結果と位置情報を基に2台の選別ロボット（写真—6）を動作させて、ベルトコンベア上の混在する廃棄物を品目毎の回収ボックスに選別する。



写真—5 ロボットビジョン用カメラ



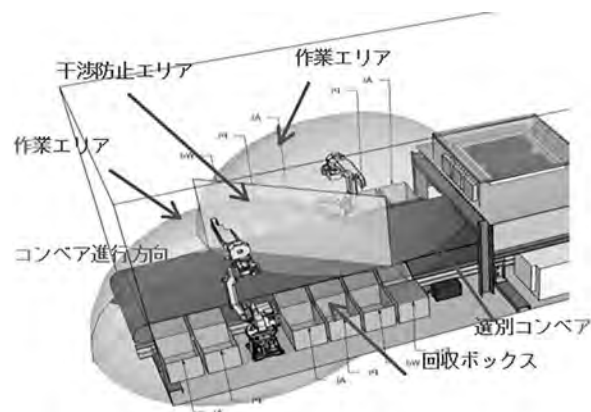
写真—6 選別ロボット

(2) ロボットビジョン

解体現場で発生する建設廃棄物は、形状や大きさが多様であるため撮影範囲を超える可能性がある。撮影した画像から廃棄物がはみ出しても判定できるよう、4台のエリアカメラを撮影範囲が一部重なるように配置し、一定間隔で撮影する。取得した画像は材質判定用PCに送られ、材質判定処理を行い、得られた材質判定結果は重心位置座標などと共に選別ロボットの軌道計画に使用する。ロボットビジョンはカメラ画像だけで廃棄物の材質判定を行うため、ベイズ理論に基づき事象に独立性のある色、形状、表面質感の各パラメータにより判定された結果および条件付き確率を統合し、最終的な材質を推定する判定手法を採用することで判定精度の向上を図っている^{3)～6)}。

(3) 選別ロボット

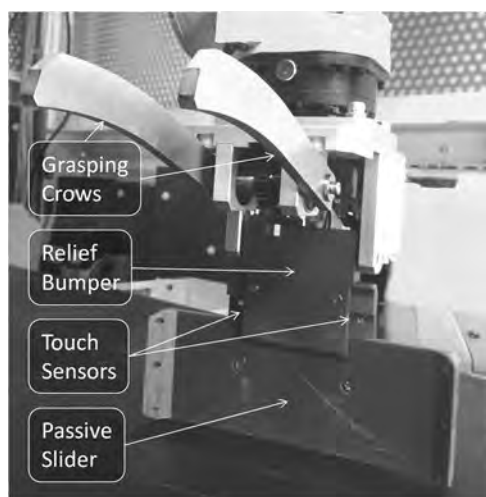
選別コンベア上に並んだコンクリート塊以外の廃棄物は、選別ロボットにより品目毎に用意された回収ボックスに掻き出される。2台の選別ロボットを作業エリアの一部が重なるように選別コンベアの両側面に配置し、作業を優先するロボットを設定した干渉防止エリアを設ける形で選別ロボットの作業エリアを区分した（図—3）。



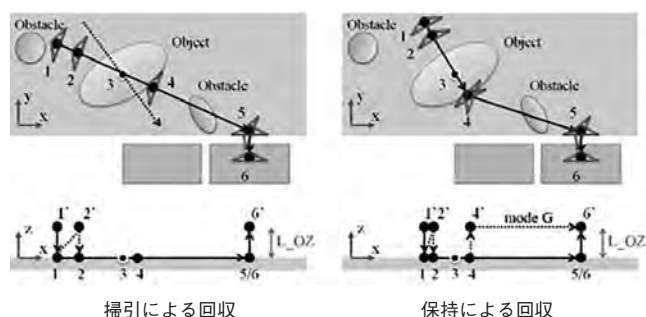
図—3 選別ロボットレイアウトと作業エリア

選別コンベア上に並んだ複数の廃棄物の選別順位を決定するパラメータとして廃棄物の品目、回収ボックスまでの距離、掃引経路距離を求め、①選別コンベア側面に近い廃棄物、②回収ボックスまでの掃引距離が短い廃棄物、③掃引時の干渉を考慮して比較的小さい廃棄物、の項目順で選別順位を決定し、選別プランの策定を行う。

廃棄物を選別するためのエンドエフェクタとして把持や吸着などの機能が考えられるが、対象とする廃棄物の大きさや形状が多様多様であるため確実に把持や



図—4 建設廃棄物選別用エンドエフェクタ



図—5 選別作業経路

吸着することが難しい。そこで、建廃選別システムのロボットアーム先端には廃棄物をベルトコンベア上から回収ボックスにヘラによって掻き落とす「掃引」と、物体を完全に把持せずに2本の爪状ハンドと受動スライダで押さえつけて掃引動作を補助するために使用する「保持」の両機能を有するエンドエフェクタ（図—4）が取り付けられ、材質判定された廃棄物の品目と形状によって掃引もしくは掃引と保持を組み合わせた選別動作を選択する（図—5）。

「掃引」によって廃棄物を選別する場合、対象物重心と回収ボックスを通る直線経路に沿った押し動作を行う。これにより、「保持」が難しい小さな廃棄物や薄い板状の廃棄物に対してハンドからの逸脱を防ぐことができ、回収成功率が高まる。経路上に障害物があった場合は、図—5の左図の破線のように他の回収ボックスへ経路を切り替えることで回避する。

「保持」によって廃棄物を選別する場合、爪状ハンドと受動スライダを使って対象物の保持しながら、コンベア上に沿った経路を辿る。これにより、折れ線や円弧など障害物により複雑になった経路でも高い確率で回収する。

3. 分別機構の性能検証実験

選別ロボットの前工程で大量のコンクリート塊と他の廃棄物を分別させる分別機構は、選別ロボットの選別精度向上や負担軽減を目的として導入している。この機構のコンクリート塊と鉄くず、その他の廃棄物の3種類に分別する性能検証を実施した。

性能検証実験では、現場の廃棄物の混合状態に近づけるため約 0.3 m^3 のコンクリート塊（150個）の中に、形状、大きさの異なるコンクリート塊以外の5品目のサンプル（鉄くず、アルミニウム、木くず、廃プラスチック、スレートボード）各30個を混ぜ合わせ（写真—7）、投入ホップに入れる。選別コンベアまでの処理フローによってロールスクリーンの上端および下端から排出されたサンプル数と磁力選別機から排出されたサンプル数を計測した。実験は同条件で3回実施し、分別精度を求めた。



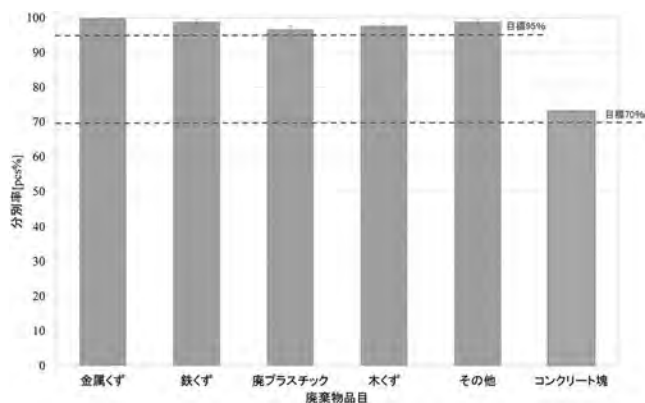
写真—7 混合した廃棄物サンプル

分別機構の性能検証実験を行った結果として、磁力選別機とロールスクリーンの上端、下端から排出されたサンプル数の品目ごとの集計を表—2に示す。集計結果から求めた品目ごとの分別率を図—6に示す。

図—6に示した性能検証実験の結果から、分別機構によりコンクリート塊以外の建設廃棄物の98.4%が分別され、73.1%のコンクリート塊がロールスクリーンの下端から排出される事を確認した。しかし、表—2に示した結果から磁力選別機によって全ての金属く

表—2 廃棄物の投入数と回収数

	コンクリート塊	鉄くず	アルミニウム	廃プラスチック	木くず	スレートボード
投入数	450	90	90	90	90	90
磁選機	0	79	0	1	0	0
RS上端	121	10	90	87	88	89
RS下端	329	1	0	2	2	1



図ー6 分別機構の分別率

ず(鉄くず)が取り除かれず、磁性のない廃プラスチックも抽出されている事がわかる。これは、投入されたサンプルが重なり合った状態で供給量調整コンベアによって搬送されているためだと考えられる。また、比較的軽量の廃プラスチックや木くず、スレート材は、その多くがロールスクリーン上端に排出されたが、ロールスクリーンの下端へ転がり落ちる大量のコンクリート塊に巻き込まれる形で下端に排出されるものも1～2%の割合で発生している。

開発する建廃選別システムによる5種類の建設廃棄物選別精度目標は、選別ロボットやロボットビジョンの性能を考慮して60%以上に設定した。これは、自ら設定した廃棄物品目を決定するロボットビジョン単体の判定精度目標と、各品目に回収する選別ロボット単体の選別精度目標が共に80%以上である事が基になっている。建廃選別システムの選別精度目標から、分別機構単体の分別精度目標は各品目95%以上、コンクリート塊70%以上に設定されているが、磁力選別機やロールスクリーンを使用した機構により目標が達成できる事が確認された。

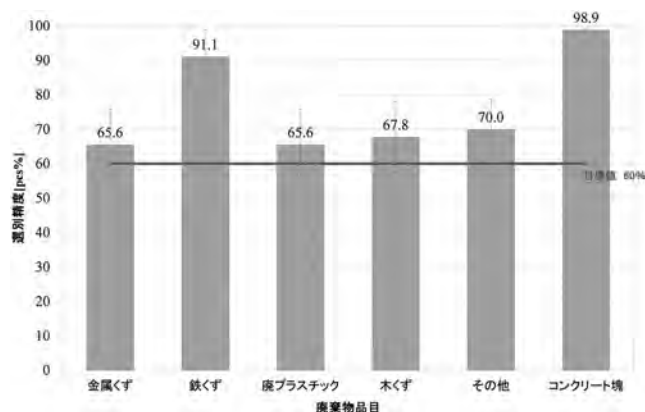
4. 選別精度検証実験

建廃選別システムが目標とした選別精度60%以上で廃棄物選別が可能である事を確認するため、分別機構の性能検証実験で使用した廃棄物サンプルによるシステム全体の選別精度検証実験を行った。この実験で使用した廃棄物サンプルは、以前に行った解体現場における廃棄物排出量調査の結果¹⁾に合わせコンクリート85%、他の廃棄物15%の割合となるように、0.3 m³のコンクリート塊に木くず、鉄くず(鉄筋など)、金属くず(アルミサッシなど)、廃プラスチック(塩ビ管など)、スレートボード(その他)を各30個混入させたものを使用した。建廃選別システムの処理速度が

1 m³/h 相当になるよう約20分間で0.3 m³の廃棄物サンプルをホッパに投入し、分別機構および選別ロボットによって選別された廃棄物の個数を計測する実験を3回実施した(写真ー8)。この際、ロールスクリーン下端と選別コンベア端部から排出されたコンクリート塊以外の廃棄物は選別を失敗したものとして扱う。また、選別ロボットが動作する際は、廃棄物選別を確実に行うため選別コンベアを一定間隔で停止させ、選別完了後に選別コンベアを再起動させる間欠運転とした。選別精度検証実験での選別精度を図ー7に示す。



写真ー8 選別ロボットによる廃棄物選別状況



図ー7 建廃選別システムの選別精度

選別精度結果から建廃選別システムは選別精度目標である60%以上の精度で廃棄物選別が可能である事を確認した。建廃選別システムにおいて選別ロボットで選別される金属くず(アルミニウム)、廃プラスチック、木くず、その他の廃棄物の平均選別精度は67.2%であった。しかし、3回の実験データを平均した値は全ての品目で目標値を超えているが、金属くずや廃プラスチック、木くずは選別精度にばらつきが大きく、目標値を超えない場合があった。

実験データから選別精度低下の要因分析を行った結果、選別ロボットの選別動作を起因とする回収失敗は15.8%の割合で発生し、その中でも回収経路で他の廃棄物に接触する「巻き込まれ」による失敗が最も高い割合で起こっている事が分かった。今後、更なる選別

精度向上を行うためには経路計画方法の見直しとエンドエフェクタの改良が必要だと考えている。

5. 環境計測

建廃選別システムが現場で使用される場合、敷地境界からどの程度の離隔距離を取れば騒音、振動の規制値を満たし、使用可能となるのかを確認するため、廃棄物の投入も含めた現状の建廃選別システム稼働時の騒音レベルおよび振動レベルを測定した。計測は表—3に示す3種類のパターンで行った。

表—3 騒音、振動計測パターン

計測パターン	廃棄物投入条件	備考
パターン A	コンクリート+他の廃棄物	測定距離 1.0 m, 3.0 m, 5.0 m
パターン B	コンクリートのみ	
パターン C	暗騒音・暗振動	

騒音レベル、振動レベルの測定結果からそれぞれの発生源のパワーレベルを算出し、実際に現場に建廃選別システムを設置した場合の敷地境界における騒音レベル、振動レベルを予測する。なお、評価には騒音規制法、振動規制法に基づき、騒音レベルはL5値、振動レベルはL10値で評価を行った。

騒音測定の結果、音源から測定距離が1mの地点におけるL5値は94.0 (dB)であった。この測定値から騒音規制法における特定建設作業の敷地境界の規制値を満足するために必要な音源から敷地境界までの距離を求めると2.8m以上となる。

また、振動測定の結果、測定距離が1mの地点におけるL10値は55.5 (dB)であった。この値を基準点として求めた予測点の振動レベルは、振動発生源から1mの距離でも振動規制法における特定建設作業の敷地境界の規制値以下であった。

今回計測した地盤は表面がコンクリートで覆われていたが、現場で使用する場合は、実地盤での実測に基づき隔離距離を決める等の配慮が必要である。

6. おわりに

近年、増加傾向にある解体工事の効率化、安全性向上、廃棄物処理の低コスト化や省人化を目的に、既存技術である磁力選別機やロールスクリーンなどの選別機器と産業用ロボットを組み合わせ、建廃選別システムを開発した。ロボットを使用した建廃選別システムにより、これまで人の手で行ってきた選別作業を自動化できるため、解体工事だけでなく中間処理施設における作業の効率化やコスト削減が期待できる。また、今後発生が予測されている首都圏直下型地震や海外での津波被害などにも有用な基盤技術となるよう処理速度や選別精度の向上によって更に実用性を高める必要がある。なお、本研究開発は、環境省環境研究総合推進費補助事業により実施したものである。

JICMA

《参考文献》

- 1) 中村聡, 後久卓哉, 柳原好孝 他2名, “建物解体現場における廃棄物選別システムの開発”, 第26回日本ロボット学会学術講演会, 2D2-01, 2008.
- 2) 「フィンランド発の深層学習技術が産廃処理に革新 AI搭載ロボで省人化と速度向上実現したシタラ興産」, Nikkei Robotics 3-11, 2017年2月
- 3) 中村聡, 後久卓哉, 建設系産業廃棄物選別の要素技術研究 (その2), 東急建設技術研究所報 No. 34, pp. 43-46, 2009.
- 4) 中村聡, 上野隆雄 他2名, “建設系産業廃棄物選別システムの精度検証と実用化に向けた課題”, 第29回日本ロボット学会学術講演会, 1B3-2, 2011.
- 5) Takuya Gokuyuu, Satoru Nakamura and Takao Ueno, “Sorting system for Recycling of Construction Byproducts with Bayes’ Theorem-Based Robot Vision”, J. of Robotics and Mechatronics (JRM), Vol. 23, No. 6, pp. 1066-1072, 2011.
- 6) 中村聡, 上野隆雄, “建設系廃棄物選別システムの開発—ロボットビジョンを応用した廃棄物判定手法による選別性能検証—”, 建設の施工企画 第747号, pp. 62-66, 2012.5.

【筆者紹介】

中村 聡 (なかむら さとる)
東急建設㈱
技術研究所 メカトログループ
主席研究員



井上 大輔 (いのうえ だいすけ)
東急建設㈱
技術研究所 メカトログループ
主任研究員



白井 菜月 (しらい なつき)
東急建設㈱
技術研究所 メカトログループ
研究員



植物廃材を活用した「バイオマスガス発電」

渡 辺 真 人・堀 井 秀 基・喜久里 政 宏

高速道路の維持管理で発生する植物廃材（刈り草、剪定枝等）を再生可能エネルギーとして活用するバイオマスガス化発電プラントを建設した。本プラントの特徴は、草本と木本を同時に熱分解して得たガスを発電機の燃料として発電することである。また、プラントの運転を行う中で、熱分解ガスに残留するタール濃度をタール標準測定法で測定するとともに、発電機エンジンオイルの劣化分析を行うことでオイル交換周期を設定した。

キーワード：廃棄物処理、バイオマス、熱分解ガス化発電、タール、エンジンオイル分析

1. はじめに

植物廃材を再生可能エネルギーとして活用することは、地球温暖化対策への貢献となる。

高速道路の法面等の維持管理で発生する刈草、剪定枝等の植物廃材の多くは、堆肥やチップ材にしてリサイクル利用を行ってきたが、これを再生可能エネルギーとして活用するバイオマスの熱分解ガス化発電プラント（写真—1）を東北自動車道那須高原SAの隣地に建設した。



写真—1 那須バイオマスガス発電プラント

バイオマスの熱分解ガス化システムとして固定床（ダウンドラフト式、アップドラフト式）、流動床（バブリング式、循環式）、噴流床、ロータリーキルン（内熱式、外熱式）等が開発されている。システムの選定にあたっては、規模（日処理量、発電量）、運転性（負荷変動、減量運転）、制御性並びに原料の条件が重要になる¹⁾。本プラントでは、年間最大処理量約1,000t、

また、草本混合の植物廃材を原料とすることから、中小規模で原料制約条件に許容性の高いロータリーキルン方式を採用した。

2. 熱分解ガス化発電システム

(1) プロセスフロー

プラントのプロセスフロー図を図—1に示す。日処理量は5t/日未満、発電量は100kWである。システムは①原料製造プロセス、②乾燥プロセス、③供給プロセス、④熱分解プロセス、⑤ガス洗浄プロセス、及び⑥発電プロセスに分けられる。

(2) 原料製造プロセス

原料の製造はこれまで行っていた堆肥製造と同様とした。プラントに運搬、集積された植物廃材を破砕機でチップ状に破砕、その後篩にかけたものを原料（写真—2）として用いる。原料の水分含有率は天候や季節で変動し、50%を超えることもある。原料はプラントヤード内の屋根付き保管庫に貯留する。

(3) 乾燥プロセス

貯留した原料をペイローダーで乾燥機に投入する。1回の投入量は約0.6m³である。乾燥機は貯留部と乾燥部からなり、原料は2本の回転するスクリーンの上を、貯留部から乾燥部にゆっくりと移動する。乾燥部底板に設けた通気孔から過熱水蒸気（SHS：100℃以上の水蒸気）が吹出して原料を乾燥する。SHSの熱源はエンジン発電機の排熱を利用している。

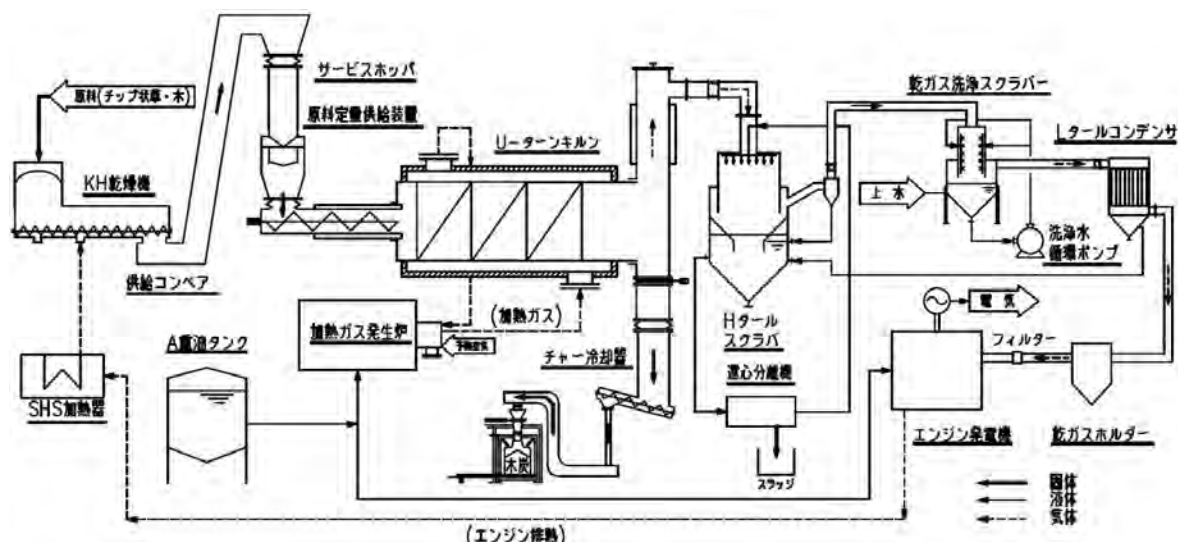


図-1 プロセスフロー図



写真-2 原料



写真-3 熱分解炉 (U-ターンキルン)

(4) 供給プロセス

乾燥機を出た原料は原料供給コンベア、サービスホッパ、キルンコンベアを経て熱分解キルンに供給される。原料は絡み合っており、乾燥機から原料供給コンベアに落ちる塊の大きさは一定でない。一度に大量の原料がサービスホッパに入ってしまうと、サービスホッパ内で原料がブリッジング(棚吊り)状態になり、キルンへの原料供給が停止する。サービスホッパ内部に原料定量供給装置を装備して、適量の原料が連続的にキルンに供給されるようにしている。

(5) 熱分解プロセス

熱分解炉は写真-3に示す國井大蔵(東京大学名誉教授)らが開発した外熱式水平ロータリーキルン(U-ターンキルン)である。U-ターンキルンを用いて、乾燥した建設廃材を原料とする熱分解ガス化発電プラントは既にあるが、水分含有率の高い植物廃材を原料とするのは今回が初めてである。

U-ターンキルンは内筒と外筒からなる。内筒の加熱部の直径は800mm、長さは1,600mmである。内

筒の内部には仕切り壁と傾斜ガイド板が付いており、投入された原料はキルンの回転により、内部を水平方向に移動しながら循環する²⁾。

内筒と外筒の空間に、加熱ガス(約1,000℃弱)を流してキルン内部を加熱する。原料は燃焼ではなく、還元雰囲気中でガスとチャー(炭)に分解される。チャーは連続的にキルンから排出され、ガスは傾斜管を経てHタールスクラバーに送られる。加熱ガスは加熱ガス発生炉でA重油を燃焼させた燃焼排ガスである。

(6) ガス精製プロセス

U-ターンキルンを出たガスにはタールや微粉状のチャー等の不純物が含まれている。タールは融点、沸点の異なる多様な有機物からなり、温度によって液体、気体と相が変わる。粘性の高いタールは微粉状のチャーとともに配管等を閉塞させ、ガスに含まれるタールは発電機の故障の大きな原因となる。

Hタールスクラバー上部に取付けた複数のノズルから、循環洗浄水の水滴を噴霧してタール等の不純物を

水滴表面で捕捉して、底部に洗い落とす。洗い落とした液体を遠心分離機にかけて固液分離する。分離後の液体は循環洗浄水として H タールスクラバーに送られる。固体分は洗浄ラインから外部に排出される。

H タールスクラバーを出たガスを、乾ガス洗浄スクラバーで同様に洗浄する。H タールスクラバーと乾ガス洗浄スクラバーの洗浄水ラインは独立しており、乾ガス洗浄スクラバーの循環水に含まれる不純物はストレーナーで捕捉する。

スクラバーで洗浄したガスを乾ガスと呼ぶ。乾ガスに含まれるタール等の不純物を、25 μm 、5 μm の 2 段のフィルターで捕捉する。

(7) 発電プロセス

発電機は出力 100 kW のディーゼルエンジンで、乾ガスと A 重油を燃料とするデュアルフュエル発電機である。乾ガスだけの発電はできないが、A 重油だけの発電は可能で、熱分解運転前後の昇温運転時及び冷温運転時は A 重油だけで発電する。

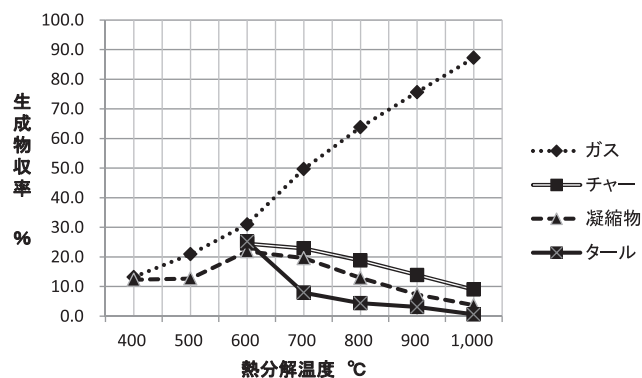
3. タール対策

(1) 原料供給制御

國井らはラワン材チップと落花生の殻を原料にして、流動床実験装置で熱分解温度を 400 $^{\circ}\text{C}$ から 100 $^{\circ}\text{C}$ きざみで 1,000 $^{\circ}\text{C}$ まで変化させたときのガス発生量と残渣（チャー、凝縮物、タール）発生量を図—2 のように示している³⁾。温度上昇にともなってガスが増え、残渣は減少するが、特にタールは 700 $^{\circ}\text{C}$ で発生量が大幅に少なくなる。

乾燥後の原料にも水分が含まれる。キルン内で水が蒸発する際に、キルン内の熱エネルギーが潜熱として奪われる。潜熱として奪われる熱量が、加熱ガスから供給される熱量より多くなると、キルン内温度（熱分解温度）が低下する。

熱分解温度が 700 $^{\circ}\text{C}$ 未満になると U—ターンキルン



図—2 バイオマスの熱分解

でもタール発生量が多くなることが想定されるので、キルン内温度が 700 $^{\circ}\text{C}$ 未満になると、原料供給ラインの運転を一時中断させ、750 $^{\circ}\text{C}$ まで復旧すると原料供給ラインの運転を再開させる運転制御プログラムを導入した。

(2) 乾ガス残留タール重量濃度測定

米国の国立再生エネルギー研究所 (National Renewable Energy Laboratory) は、タールを「あらゆる有機物のガス化における熱または部分酸化の段階で生成した有機物を“タール”と呼び、一般にその大部分は芳香族である。」と定義している⁴⁾。その定義をもとにして、タール及び微粒子のサンプリングと解析法がヨーロッパで広く検討され、1991 年にタール標準測定法⁵⁾が定められた。

前期したタール発生抑制対策としての原料供給制御を行う前と後で行ったタール標準測定法による測定結果を表—1 に示す。抑制対策後、タール重量濃度は 1 桁小さくなり、粒子状物質はほとんど検出されていない。

(3) エンジンオイル分析

タール発生抑制対策によりタール発生量は少なくなっているものの、乾ガスにはタールが残留しており、エンジン発電機に悪影響を及ぼす可能性がある。

表—1 乾ガス残留タール重量濃度

測定日		原料水分含有率 D.B. (%)	ガス採取時平均 熱分解温度(°C)	タール重量濃度 (mg/Nm ³)	粒子状物質濃度 (g/Nm ³)
タール発生抑制対策前	H27.8.4	35.7	697	1,460	0.05
			722	1,260	0.05
タール発生抑制対策後	H27.11.26	39.0	760	230	0.01 未満
			780	130	0.01 未満
	H27.12.24	55.4	752	480	0.01 未満
			730	310	0.01 未満

発電機の燃料に含まれる不純物はエンジンオイルを劣化させ、回転部等に摩擦を生じさせる。摩擦がひどくなると、エンジンオイル内で鉄などの金属粒子が増加するとともに、オイルの動粘度や塩基価などの値も変動する。船舶などではエンジンの健全性をエンジンオイルの劣化の進行度合いを継続的に測定分析し、エンジンオイルの交換時期を判断している。

発電機メーカーが運転マニュアルに示すオイル交換周期は500時間であるが、乾ガスにタールが残留することから、交換周期を300時間に設定して同様のオイル分析を継続して11回行った。いずれの分析結果もバージンオイルからの動粘度や塩基価の変動、並びに金属元素の混入量などに問題はないことから、エンジンオイル交換周期を300時間と設定して運転を行っている。

4. おわりに

プラントは週単位の稼働とし、週初めに昇温、週末に冷温、清掃等のメンテナンス作業をする運転を行っている。当初設計では想定できなかった事象がいろいろと生じたために、こうした連続運転が可能となるまでに、機器の追加、撤去、並びに運転制御システムの変更を行ってきた。今後もノウハウを蓄積し、合理的、経済的でメンテナンス性の良いシステムの構築につなげていきたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) バイオマスエネルギー導入ガイドブック（第3版）：(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構，2010年1月。
- 2) 國井，地崎：回転炉開発工学，pp23～24，2005。
- 3) SAKODA, SADAKATA, FURUSAWA, KUNII : Gasification of Biomass in a Fluidized Bed, The Chemical Engineering Journal, 22, pp221～227, 1981.
- 4) MILNE, EVANS, ABATZGLOU : Biomass Gasifier "Tars" : Their Nature, Formation, and Conversion, November 1998, NREL/TP-570-25357.
- 5) J.P.A.Neeft et al : Guideline for Sampling and Analysis of Tar and Particles in Biomass Producer Gases, Energy project EEN5-1999-00507.

【筆者紹介】



渡辺 真人（わたなべ まさひと）
東日本高速道路㈱
関東支社 宇都宮管理事務所
所長



堀井 秀基（ほりい ひでき）
東日本高速道路㈱
関東支社 宇都宮管理事務所
施設担当課長



喜久里 政宏（きくざと まさひろ）
鉄建建設㈱
土木本部エンジニアリング企画部
担当次長

汚染土壌対策

戦略的な土地活用を支援する 「サステナブルレメディエーション」に基づく評価ツールの開発 SGRT-T

古川 靖英・舟川 将史

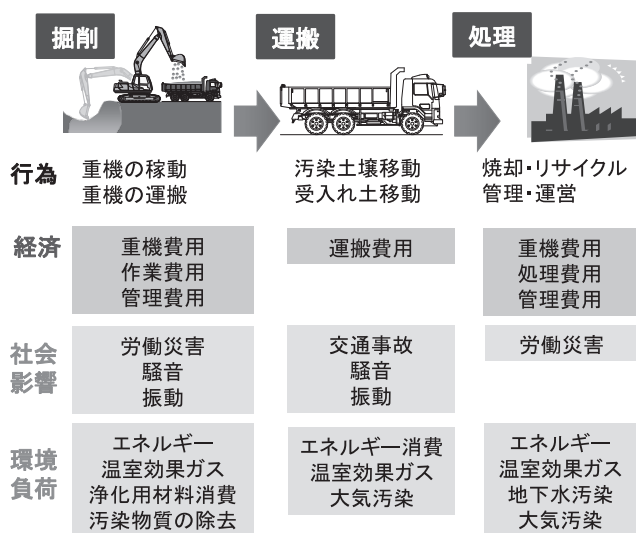
汚染されたサイトの土地利用や汚染土壌対策時の対策技術の選択において、これまでは対策費用や施工期間などの経済的側面が重視されてきたが、近年、環境・社会・経済の三側面から総合的に対策技術を評価する「サステナブルレメディエーション」の考えに基づく手法が注目されている。本報では、海外のサステナブルレメディエーションにおけるツールや国内の関連ツールについて概説し、国内で運用を開始した評価ツール「SGRT-T」(Sustainable Green Remediation Tool-T) (以下「本評価ツール」という)の概要と、モデルケースにおける試算例を示す。

キーワード：土壌汚染、ブラウンフィールド、VOC、サステナブルレメディエーション

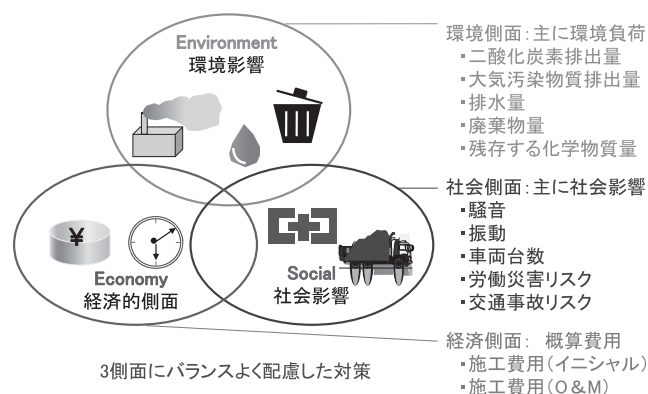
1. はじめに

有害な化学物質で汚染された土壌汚染サイトは現在でも国内各地に存在し、社会的な問題となっている。汚染されたサイトの土地利用や土壌汚染対策時の工法選択においては、対策費用や施工期間などの経済的側面が重視されており、確実性の高い掘削除去が優先して選択されている現状にある。この一方、土壌汚染対策には原位置浄化や封じ込めなどの方法もあり、サイトの利用状況や対策後の土地活用に併せた技術選択を行うことが重要である。また、汚染土壌対策においては図一に示す通り、経済的側面のみならず、使用した燃料に伴う温室効果ガスの排出や排水などの周辺

環境負荷、労働災害リスクや騒音、振動などの社会影響も問題となることが知られている。欧米では、環境・社会・経済の三側面から総合的な判断を行い、各種ステークホルダーのニーズにあった、より合理的な対策法を導き出す考え方に基づいた土壌汚染対策の意思決定の手法として、“サステナブルレメディエーション”が導入されつつある(図二)。これは、人の健康リスクや生態リスクなどの低減だけでなく、措置に伴う外部環境負荷、さらにその後の土地利用も含めた社会的な影響を考慮した上で、より持続可能な土壌汚染対策選択の意思決定を行うことを目的とする問題解決手法である。以上の背景を踏まえ、本報ではサステナブルレメディエーション評価用のツールについて概説するとともに、コスト、二酸化炭素排出量などの環境影響の側面や交通事故リスクといった社会影響の検討材料を加味した評価例を示す。



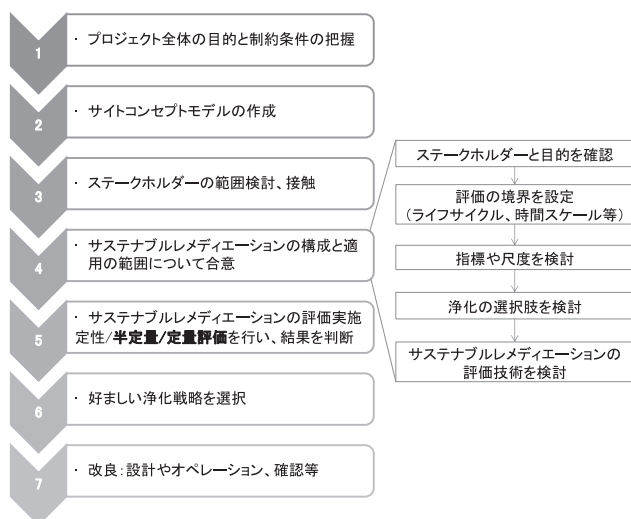
図一 汚染土壌対策における各種影響の例



図二 サステナブルレメディエーションの構成

2. 既存の汚染土壌対策評価用ツール

サステナブルレメディエーションの基本的な進め方のフローの例を図—3に示す。この中で実施されるサステナビリティ評価について、定性評価については比較的簡単な実施が可能であるが、半定量評価や定量評価については多大な労力を必要とする。そこで、各国の行政や個別の企業(主に環境コンサルタント)は、評価を簡便化すべく、独自の評価ツールの開発を進めている。例として、無償での取得が可能であり、関連情報が公開されている代表的なツール(SRTTM, Sitewise)の概要を表—1に示す。両ツール共にMicrosoft Excelのスプレッドシート上に構築されたものであり、入力データと出力結果の確認がしやすいという特徴がある。SRTは、Risk-Based Corrective



図—3 サステナブルレメディエーションのフロー例

表—1 既存の評価用ツールの概要

ツール名		SRT TM	Sitewise
作成		Air Force Center for Engineering and the Environment (AFCEE), 2010	U.S.Navy Facilities, U.S.Air Force, Battele 他, 2010
概要		対策技術の基礎情報が準備されており、デフォルト値を利用した初期スクリーニング評価が可能	全体プロセスを4つに区分したLCAを基本としたツール
評価項目	経済	○ 対策技術のコスト	—
	環境	○ エネルギー、大気汚染、地下水	○ エネルギー、大気汚染、水使用量、資源消費量
	社会	○ 安全/事故リスク	○ 事故リスク

Action (RBCA) の“Tier”の概念に基づいた評価を行う¹⁾。SRTでは、Tier1およびTier2の計算が可能であり、前者は簡便な評価に適しており、詳細あるいは多数のデータが得られない場合にも結果を得ることが可能である。評価対象の浄化技術は、主に原位置浄化であり、土壌浄化では1) 掘削除去、2) 土壌ガス吸引、3) 加温処理が、地下水の浄化技術では1) 揚水処理、2) 促進型バイオレメディエーション、3) 反応性浄化壁、4) 原位置化学的酸化、5) 長期モニタリングの評価が可能である。これらの基本情報はデータベースとしてツールに含まれている。一方、SiteWiseは、全体のプロセスを調査、対策のための活動、対策のためのオペレーション、長期モニタリングの4つに区分したライフサイクルアセスメントが基本となっている²⁾。浄化技術ごとのデータベースを有しておらず、浄化において想定される輸送や材料など、ユーザーが持つ数量データを入力することで、評価項目の計算基礎となる排出物、消費物の量を計算する。これら2つのツールは、図—3のフローのサステナブルレメディエーションの評価実施時(主に半定量評価～定量評価)のフェーズで使用されるものであるが、使用されているパラメーターが海外のものであり、単位もヤードやマイルなど、国内事例での適用は困難な状況にある。

一方、国内においても関連する評価ツールの開発は進められており、土壌環境センターでは汚染土壌対策時の二酸化炭素排出量を算出するツールCOCALAを、東京都や産総研は環境負荷の算出ツールを開発している。COCALAは、土壌汚染措置のLCCO₂排出量を評価するソフトウェアであり³⁾、同センターでは「サステナブル・アプローチ部会」の中でも、サステナブルレメディエーションに関する情報の収集を行っている。一方、東京都環境局と産業技術総合研究所は2015年3月に「土壌汚染対策における環境負荷評価手法ガイドライン」⁴⁾を公表し、この中で土壌汚染の措置に対して、複数の環境負荷を容易に定量評価できるツール⁵⁾紹介を行っている。本定量評価ツールは日本における複数の環境負荷を評価できる最初のグリーンレメディエーション評価ツールとして位置づけられ、今後の展開が期待される。これらの国内版ツールは各種の環境負荷の算出に有効なツールではあるものの、他の二つの側面(社会影響、経済的側面)の評価は現時点では困難であること、また、簡易な適用が難しいことから、筆者らは国内の原単位を使った総合的な本評価ツールを開発した。

3. サステナブルレメディエーション用の本評価ツール

本評価ツールの概要を図—4に示す。本ツールは三つの側面を総合的な視点で判断し、土地の所有者や関連するステークホルダーの要望に沿った技術を選択することを目的としている。複数の汚染対策技術に対し、サイトの対象面積や汚染深度、透水係数といった基本情報と、個別技術の薬剤使用量などを入力することにより、環境側面・社会側面・経済側面の中の重要な指標を簡易に算出するツールである。先述したSRT™の算出の考え方をベースとし、国土交通省土木工事積算基準や産業環境管理協会が開発したLCAシステム（MiLCA ver.1.1）、国内特有のパラメーターが使用されている⁶⁾。本ツールではVOCによる汚染土壌の対策技術のうち主要な10種類に関する外部環境負荷（SO₂、NO_x、PM₁₀、CO₂排出量、廃棄物量、原材料）や事故リスク（労働災害リスク、交通事故リスク）、対策費用の概算算出等の結果が算出される。主に以下のような場合に適用が可能である。

- ・対策が必要な土地に対し対策技術の比較や対策方針を検討・提案する場合
- ・複数の事業所から優先的に対策すべき事業所を選択する場合
- ・工事着工前の近隣住民への説明会等の資料作成時

4. 算出事例

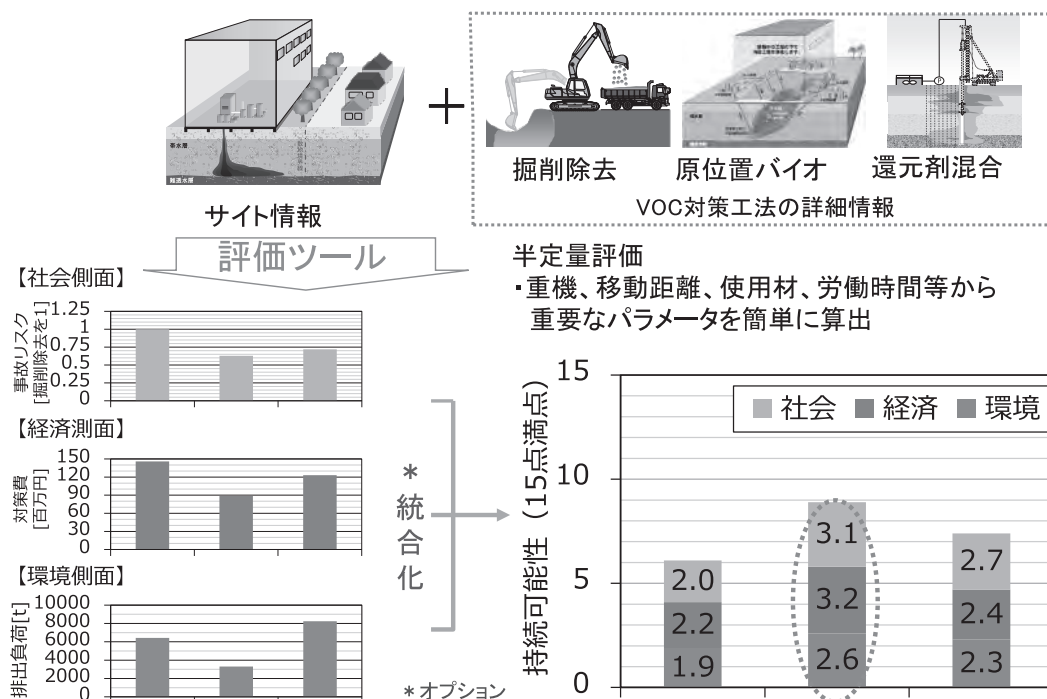
本ツールの概要を示すことを目的として、モデルサイトの算出条件（1）を基に各種パラメーターの算出を行った結果を（2）に示す。

（1）算出条件

表—2に示すサイト条件を元に各出力パラメーターの算出を行った。対策技術は、①掘削場外搬出処理、②地下水揚水（曝気処理）、③原位置バイオスティミュレーション工法の3つとした。各対策技術のシステム境界として、本報では使用重機の製造に関わる負荷は、相対的に低いため、重機等の製造に関わる環境負

表—2 モデルケースの算出条件

項目	数量
土地面積	6,000 m ²
汚染エリア面積	2,000 m ²
汚染深度	G.L. - 2.0 ~ 10.0 m
対象汚染土量	16,000 m ³
土地用途	工業専業地域 地下水利用なし
汚染物質	トリクロロエチレン（以下、TCE）
汚染濃度	最大 3 mg/kg 平均 0.3 mg/kg 地下水平均 0.3 mg/L
土質	すべて粘土混じり砂 透水係数：3 × 10 ⁻⁵ m/s



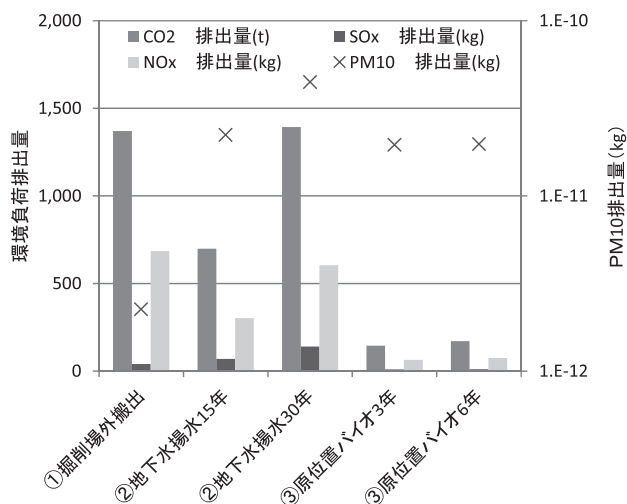
図—4 本評価ツールの概要

荷はシステム境界から外し、重機の運搬－設置－稼動－撤去までを対象とした。なお、①掘削場外搬出処理は、150 km 陸送した箇所での処理とし、対策期間を半年とした。②地下水揚水（曝気処理）は、揚水井戸4本による揚水処理が15年または30年継続するものとした。また、③原位置バイオスティミュレーションは注入井戸の間隔を4 m とし、160本の注入井戸による嫌気性浄化用薬剤の注入が3年間または6年間継続するものとし、試算を行った。その他、交通事故の発生リスクの確率等は既報⁶⁾と同様な計算式、数値を用い算出した。

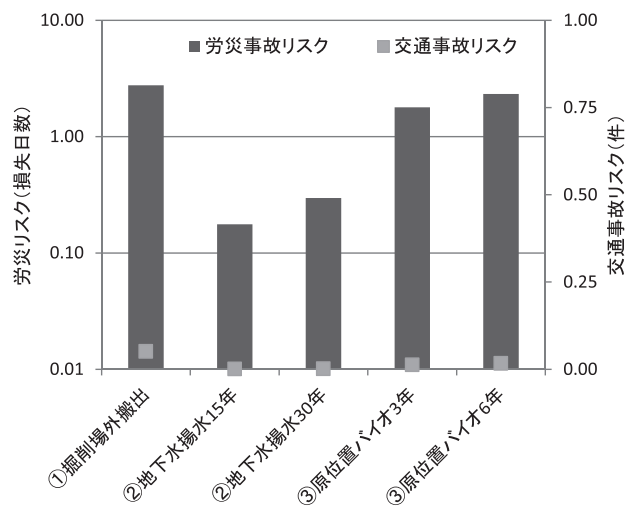
(2) 算出結果

本評価ツールによる算出結果の例を図－5～7に示す。①掘削場外搬出は確実な対策が可能である一方で、②地下水揚水15年や③原位置バイオの2倍以上の二酸化炭素を排出していることが示されている。他の環境負荷も同様に高い数値を示しているが、②地下水揚水も期間が30年を超えると、①掘削場外搬出と同程度の環境負荷を与える恐れがあることが示された。また、社会影響のうちの労災事故リスクについては、本事例の結果では①掘削場外搬出と③原位置バイオがそれほど変わらない結果を示した。これは③原位置バイオにおいて注入井戸の本数が多く、これに関わる工数が多いことが原因である。さらに、経済的側面では①掘削場外搬出に対し、他の対策技術は0.6以下という数値を示し、経済的負担という意味では②地下水揚水や③原位置バイオの優位性が示された。

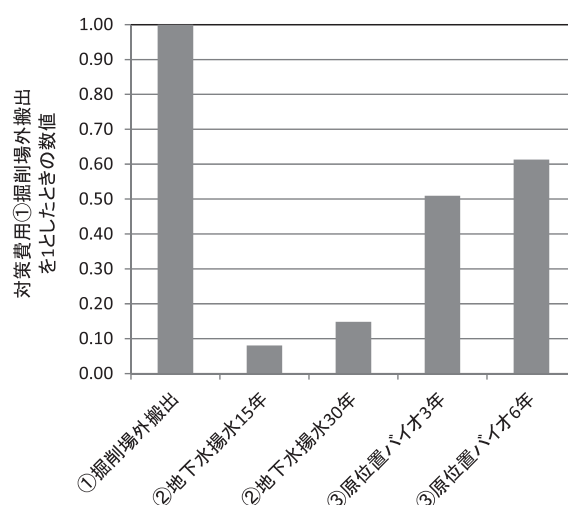
このようにサステナブルレメディエーションの評価においては、3つの側面の中に含まれる多数のパラメーターを用いた様々な議論を行うことが特徴である。図－5～7のような結果を用いた上で、さらに



図－5 環境負荷の算出結果例



図－6 社会影響の算出結果例



図－7 経済的側面の算出結果例

統合化や重みづけを行うことで、最適な対策技術の選択を行うことも多い。いずれにしても、多数のパラメーターの算出には時間や費用がかかることから、簡便なツールの存在が必要である。

5. おわりに

現在、サステナブルレメディエーションに関してはISO規格の策定 (Guidance on Sustainable Remediation) が検討されており、同時に諸外国の土壌汚染対策の指針等に新たに「持続可能性に配慮した対策」の記述を加えようとする動きもある。一方、国内でも東京都環境局は環境基本計画の中で、最適な土壌汚染対策を選択する際に「対策実施に係る全ての過程での環境負荷の低減（環境面）とともに、コストの削減（経済面）や近隣住民等の理解促進（社会面）などの視点を踏まえ、事業者による合理的な対策の選択を促すための手法を検討していく」としている⁷⁾。また、各種のステー

クホルダーからの意見を収集することを目的の一つとして、産業技術総合研究所が中心となって、SR コンソーシアムを立ち上げている⁸⁾。本評価ツール SGRT-T はこれらの国内外の動きを見据えたものであり、今後、実サイトでの適用や実データとの比較検証を行う中で、さらなる改良を重ねていく予定である。

《参考文献》

- 1) U.S. Air force, SRT Sustainable remediation tool user guide, Air force center for engineering and the environment (AFCEE) web site (2010)
- 2) U.S. Navy Facilities Engineering Command (NAVFAC), the U.S. Army, the U.S. Army Corps of Engineers (USACE), Battelle, SiteWise Version 2 User Guide, June (2011)
- 3) 大村啓介, 川浪聖志, 九石優, 星野隆行, 土壤汚染調査・対策における LCCO₂ の算出とその特性, 第 18 回地下水土壤汚染とその防止対策に関する研究集会講演集 (2012)
- 4) 東京都環境局, 独立行政法人産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門: 土壤汚染対策における環境負荷評価手法ガイドライン, 東京都ホームページ
<https://www.kankyo.metro.tokyo.jp/chemical/soil/attachement/Guideline2015-03-14.pdf>, (2015)
- 5) Yasutaka Tetsuo, Hong Zhang, Koki Murayama, Yoshihito Hama, Yasuhisa Tsukada, Yasuhide Furukawa, Development of a green remediation tool in Japan, Science of The Total Environment (2016)
- 6) 古川靖英, 保高徹生, 大村啓介, 小林剛, 揮発性有機化合物実土壤汚染サイトを題材とした簡便な費用ベースのサステナブルアプローチ手法の試み, 土木学会論文集 G, 69 巻 7 号, p.461-471 (2013)
- 7) 東京都環境局, 東京都環境基本計画 本文, p.89
https://www.kankyo.metro.tokyo.jp/basic/2016keikaku_zenbun.pdf (2016)
- 8) 産総研コンソーシアム Sustainable Remediation : https://staff.aist.go.jp/t.yasutaka/SRCons/SRConsortium_index.html

【筆者紹介】

古川 靖英 (ふるかわ やすひで)
竹中工務店
技術研究所 エコエンジニアリング部
主任研究員



舟川 将史 (ふなかわ まさふみ)
竹中工務店
環境エンジニアリング本部
主任



新東名高速道路における建設時の重金属含有土対策

山 脇 慎

新東名高速道路の愛知県区間の建設中に重金属等の含有土が発生した。発生した重金属含有土は対策を施した上で高速道路本線の盛土材として使用した。その対策工として、「遮水工封じ込め工法」等を採用した。遮水工封じ込め工法では遮水材料として遮水シートとベントナイト改良土を用いた。施工完了後に工事区域近傍の地下水並びに表面水の水質調査を実施し対策工の有効性を検証した。

キーワード：土工、重金属、ヒ素、遮水工封じ込め、ベントナイト、水質調査

1. はじめに

重金属類は人体への健康被害を及ぼす恐れのあるものである。平成22年4月に改正土壤汚染対策法が施行され、自然由来の重金属であっても同法による規制の対象となった。

H28年2月に開通した新東名高速道路の愛知県区間においても建設時に自然由来の重金属含有土が発生し、法に則した対応を行った。建設区域の周辺地盤は砂質片麻岩および泥質片麻岩が卓越しており、事前調査においてトンネル及びその付近の片麻岩の一部に土壤汚染対策法で定める基準（以下、環境基準という）を超える重金属（鉛、カドミウム、ヒ素^{a)}、セレン）が確認された。このため工事施工は重金属の分析試験を実施しつつ行い、重金属を含む掘削土が発生した場合は必要な対策を講じた上で高速道路本線の盛土材として使用した。本文では工事時の重金属含有土に対する試験方法、対策工法の概要、施工状況および水質監視状況について述べる。

a) ヒ素は重金属に分類されていないが、ここでは有害性物質の一種として「重金属」と記述する。

2. 重金属含有土の判定手法

当該地域の重金属含有土は、水への溶けだし易さを示す「溶出量」において環境基準の超過が懸念された。このため、明かり部の掘削箇所においては岩質毎に1日1回、トンネル掘削箇所では掘削土の分別が難しいため、岩質によらず全断面の掘削量に対して1日1回、重金属の溶出量試験を実施しつつ事業を進めた。

溶出量試験の実施にあたり、公定法（土壤汚染対策法施行規則の規定に基づく測定方法）では検査結果が出るまで約2週間を要するため、施行中の重金属含有の有無の判定はボルタンメトリー法により実施した。ボルタンメトリー法¹⁾は溶液に浸した電極の電位と電流から溶存物質の定性・定量分析を行う手法であり、約10時間で結果が判明する。これにより、工事の進捗に併せた重金属の判定が可能となった。環境基準に対する判断は、事前に公定法とボルタンメトリー法の計測結果に対する相関を取り、新たな基準値を設定している。また、高速道路本線内に埋戻しを実施した場合は、埋戻し後の重金属含有土に対して公定法を用いて溶出量を確認した。

トンネル施工中は掘削ズリに重金属が含有している可能性があることから、溶出量試験の結果が判明するまでの間、屋根付きのズリ置き場を設け仮置きした(写真—1)。試験結果において重金属の溶出量が基準値を超えていなければ通常の盛土に使用し、基準値を超



写真—1 掘削ズリ仮置き場

過した場合は後述する対策を取った上で盛土材として使用した。仮置き場は施工サイクルに合わせ、切羽からのズリ搬入作業、溶出量試験中の仮置き、盛土場へのズリ搬出作業を同時に行える様、3分割で使用した。

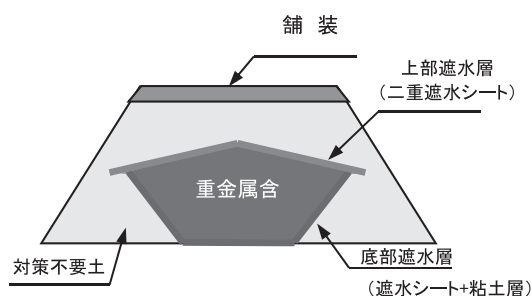
また、当該地域は重金属に加え黄鉄鉱の発生が予測された。黄鉄鉱は雨水に当たると酸性化する性質があるため、重金属の判定を実施すると同時に酸性化岩の判定を実施する必要があった。酸性岩の判定は、過酸化水素水を使用した pH 試験により実施した。重金属を含まない酸性化岩と判定された場合は重金属含有土とは別途に対策を行った。酸性水について法的な規制は無いが、一般に酸性水により重金属等の溶出が促進される²⁾と言われており、注意が必要である。

3. 対策工法の概要

重金属含有土は基本的に高速道路本線の盛土内部に対策を取った上で封じ込めた。主たる対策工法には遮水工封じ込めを採用した。また、封じ込めの受け入れ準備が整うまでの工事初期に発生した重金属含有土及び溶出量の濃度が環境基準に示す第二溶出量基準を超過したものについては、有料のセメント再資源化施設に搬出し処理を行った。

遮水工封じ込めは重金属含有土を遮水材で包み込み、雨水から重金属を遮断して重金属の溶出を抑える工法である。当現場では地下水位より高い位置に遮水工封じ込めによる盛土（以下、重金属対策盛土という）を構築し、地下水の影響を避けるよう配慮した。

盛土構造の概要を図一1に示す。上部遮水層は中弾性タイプであるポリエチレンシート（ $t = 1.5 \text{ mm}$ ）を2重に敷設した。併せて重機等の荷重により遮水シートが破損する事を避けるため、シート下部に30 cm の保護砂層、シート上部に不織布と50 cm の保護砂層を設けた。保護層の決定に当たっては事前に試験施工を行い、盛土工事並びにその後の土圧により遮水シートの破断が起きない厚さを確認している（写真一2）。底部遮水層はベントナイト混合土と1重の遮



図一1 遮水工封じ込め概念図



写真一2 遮水層破断確認試験

水シートを併用する構造とした。ベントナイト混合土は国のマニュアル等に準拠し、目標透水係数 $1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ 以下、層厚 50 cm を確保する事とした。また、シート上部には上部遮水層と同様の保護砂層を設けた。

遮水工封じ込めは、底部遮水層の構築後に通常の盛土工事と遜色ない速さで工事進捗を図れること、また、雨水の浸入が無いため、工事完了後の維持管理が比較的容易となることを利点としている。

重金属対策盛土の施工に先立ち、有害物質に対する懸念を抱く近隣住民に対しては対策盛土の場所、盛土をする重金属の含有等の程度、周辺水質の確認手法などを説明し議論を行った。最終的には、工事完了後も継続的に周辺地域の水質調査を実施する事で同意を得る事が出来た。

4. 施工状況

(1) 底部遮水層の施工

底部遮水層に用いるベントナイト混合土は、通常の粘土と同様、透水係数と密度に相関性があることから、配合設計においてこれらの関係を求め、遮水層として必要な施工時の管理基準値（密度）を求めた。

材料試験結果から本施工においてはベントナイト添加率 10.5%，乾燥密度 1.737 g/m^3 での管理を決定した。これに基づきモデル施工を行い、品質管理基準密度を満たす転圧回数を求め、現場透水試験によりこの時の透水係数を確認した。表一1に現地発生土の材料試験結果を示す。

ベントナイト混合土の斜面部は設計厚 50 cm であるが、小型振動ローラーによる締固めでは十分な密度が得られないため、施工幅 3 m で大型機械による締固めを行った後、不要部分を削り取った。底部遮水層の施工状況を写真一3に示す。写真奥はベントナイト混合土の施工中、写真手前は遮水シートの施工状況である。

表―1 材料試験結果

項 目	単位	試験結果
自然含水比 w_n	%	14.4
最大乾燥密度 ρ_{dmax}	g/m^3	1.911
最適含水比 w_{opt}	%	10.4
品質管理基準乾燥密度	g/m^3	1.737
ベントナイト添加量	%	10.5



写真―3 遮水層施工状況

(2) 雨水排水の管理

重金属対策盛土の施工中は、施工中の降雨等により重金属が溶出する恐れがあるため、対策盛土の構造の中に排水施設を整え、水質管理を行った。今回は、封じ込め盛土の内部に集水用の堅坑並びに雨水排水管を設置した。

雨水排水管は沈下等による破断を防ぐため、360度コンクリートで巻き立てを行った(写真―4)。また、雨水排水管と遮水シートの取合は弱部となるため特殊冶具を用いるなど工夫を凝らした。

工事中の雨水排水は沈砂池に導き濁度を落とした後、河川に放流する。重金属対策盛土上の降雨については重金属(当現場ではヒ素)が溶出している可能性があるため、沈砂池への流入口にて1日1回ヒ素の濃度を確認した。また、ヒ素の濃度が環境基準(0.01 mg/l)を超えた場合に備え、ヒ素の吸着設備を沈砂池脇に配



写真―4 雨水排水管

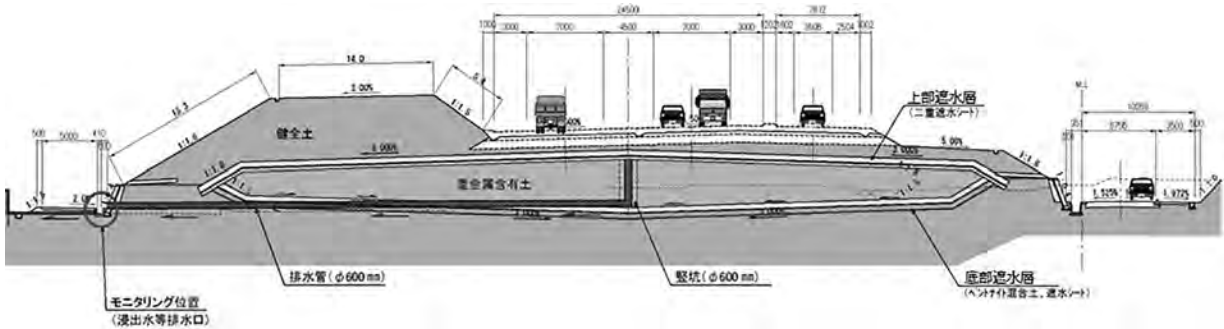


写真―5 ヒ素吸着設備

置した(写真―5)。

(3) 遮水工封じ込めの施工

図―2に遮水工封じ込め工法の断面図を示す。施工は底部遮水層、雨水排水管、重金属盛土、上部遮水層の順で実施した。当現場での重金属含有土はトンネルずりが主であるため、施工は岩塊盛土の工法規定方式とした。モデル施工により一層の仕上がり厚さ50 cm、転圧回数8回を定めた。重金属対策盛土はその施工に伴って900 m³に1回の公定分析を行い、重金属含有土の性状把握を行った。施工中に発生したリスクを下記に示す。



図―2 遮水工封じ込め断面図

(a) 工事初期段階で予定より多量の重金属類含有土が発生した

対策盛土の準備が整っていないトンネル掘削の初期から大量の重金属含有土が発生したため、有料処分をせざるを得ず工費が増大した。

(b) 大量の重金属含有土の発生

トンネル延長の3%と想定した重金属含有土の出現率が実際には70%に達し、対策盛土箇所が大幅に不足した。また、重金属類含有土は地元の一般道を使用して運搬する計画であったが、大量の重金属類含有土の発生により、住民の生活環境確保の点から一般道を使用出来なくなった。加えて重金属類含有土が増えたため無対策の土量が減り、土量配分計画の変更が生じた。

(c) 第二溶出量基準を超えた重金属含有土の発生

重金属類の溶出量が環境基準の0.3 mg/lを超える場合、第二溶出量基準に分類され、より厳しい対策が求められる。この基準を超える掘削土の現実的な処分方法として、有料の処分場への搬出をしたため、工費の増大をもたらした。また、有料処分場までは片道1.5時間を要し、運搬に要する多数のダンプの確保、交通量の増加に伴う運搬路沿線の住民からの苦情等の問題が生じた。

これらの問題解決のため、重金属含有土の仮置き場を整備した他、固化剤にセメントを用いた固化不溶化盛土を採用し、重金属発生箇所の直近にある山間の狭小部に対策盛土を構築する等により、対策盛土の準備が整うまでの工程調整を図った。また、新たな工事用道路を構築し土運搬路を確保した他、道路構造を変更してより多くの対策盛土場を本線内に増設し、多量の重金属含有土を事業地内に封じ込め、コスト縮減に努めた。

5. 水質監視状況

重金属含有土の有無に限らず周辺河川の水質保全のため、全ての土工の現場では仮設沈砂池を設け工事区域内の排水を河川に放流している。工事中の水質監視として、沈砂池への流入部及び河川への放流口において1日2回、濁度、pH、電気伝導度の測定を実施した。さらに月1回、工事区域を横断する河川の上下流部において重金属類を含む水質検査を実施している。また、重金属対策盛土内からの排水と沈砂池からの排水について1日1回ヒ素濃度の検査を実施した。地下水については重金属対策盛土横に設置した観測井戸に加え、既存地下水の状況把握のため地下水流の上流側に観測井を設置し水質監視を実施した(図-3)。開通後2年間は観測井と周辺井戸について年4回、河川の上流部について月1回の水質調査を実施し、重

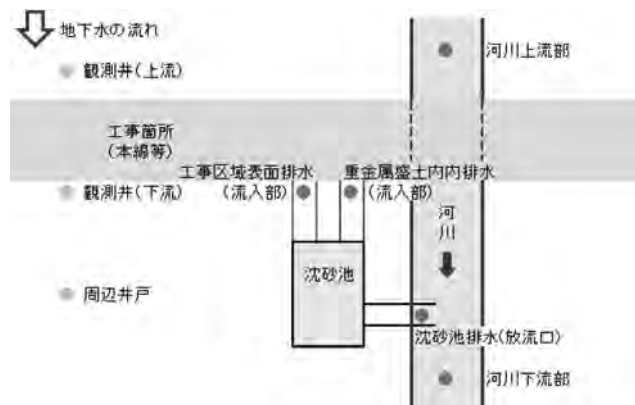


図-3 水質監視位置図

金属の流出を監視した。工事完了から2017年現在に至るまで異常値は観測されていない。

6. おわりに

改正土対法の施行以来、自然由来の重金属含有土についても対策が必要となる事例が増えている。大抵の場合、自然由来の重金属はその発生量が多く、多額の対策費用が必要となる。このため、自然由来の重金属含有土を安全かつ安価に対策する事は事業者共通の課題である。今回の事例では、セメント再資源化施設への場外搬出に比べ、約1/5の費用で対策を実施する事が出来た。しかしながら、重金属対策はまだまだ高価であり、今後の対策にあたっては周辺状況や現場毎の特性を考慮したサイト概念モデルを構築し、安全を確認しつつより安価な対策を実施する事が重要である。本報文が重金属対策を実施する技術者の方々の一助になれば幸いである。

謝 辞

重金属対策は近隣住民の方々の理解が不可欠であり、本現場においても約半年間の説明を行い事業に協力して頂く事が出来た。ここに御礼申し上げます。

JICMA

《参考文献》

- 1) 東京都環境局：土壤汚染調査における簡易分析法採用マニュアル（重金属編）平成18年7月 pp.3 等
- 2) 建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル（暫定版）平成22年3月 pp.54 等

【筆者紹介】

山脇 慎（やまわき まこと）
中日本高速道路㈱
金沢支社 環境・技術管理部 環境・技術チーム
チームリーダー



簡易破碎方式によるベントナイト混合土を用いた遮水層の効率的施工技術

T-Combination クレイライナー工法による現地発生土の有効利用

磯 さち恵・本 島 貴 之・森 川 義 人

ベントナイト混合土の物理特性は母材によって大きく異なるため、遮水層構築のためには良質な現地発生土を母材として使用することが品質確保の上で重要とされている。良質な現地発生土が得られない場合には購入砂が用いられるが、残土処分費を含め相応のコストが必要となる。著者らは、処分場建設時に大量発生する掘削土の処理問題の解決のため、現地発生土が破碎性堆積軟岩である場合におけるベントナイト混合土への適用技術に関する研究を進めている。本稿では、施工試験で実施した簡易破碎方式によるベントナイト混合土を用いた遮水層の構築技術、T-Combination クレイライナー工法（以下「本工法」という）について施工試験結果を交えて報告する。

キーワード：ベントナイト混合土、堆積軟岩、施工性、遮水層、低透水性

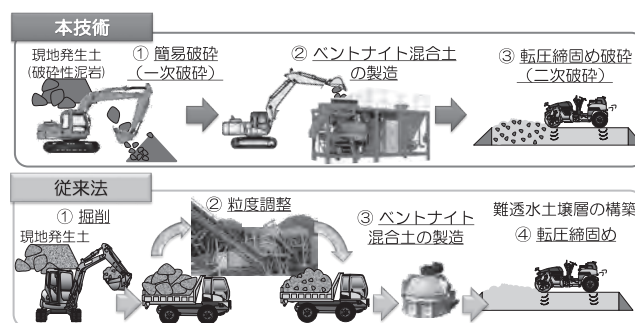
1. はじめに

管理型廃棄物処分場などの遮水工は、浸出水による公共用水域や地下水の汚染ならびにこれらに起因する周辺環境への悪影響を防止することを目的とし、厚さ0.5 m 以上かつ透水係数 10^{-8} m/sec 以下の遮水層を設けることが定められている^{1), 2)}。一般に遮水層にはベントナイトの膨潤による遮水性を期待し、ベントナイト混合率 10 ~ 20% 程度のベントナイト混合土が適用される場合が多い^{3), 4)}。ベントナイト混合土は、良質な現地発生土や購入砂を母材として使用することが品質確保の上で重要とされている。著者らは、処分場建設時に大量発生する現地発生土の処理問題解決策の1つとして、堆積軟岩の特性を活かしたベントナイト混合土による遮水層の効率的施工技術について研究を進めており、堆積軟岩の破碎性を利用することによりベントナイト混合率 5 % でも十分に要求性能を満足することを確認した⁵⁾。本稿では、母材の特性を活かした施工技術である本工法の特徴および施工手順について述べ、施工試験のフローおよび施工性、品質確認試験の結果について報告する。

2. 本工法の特徴

本工法は図—1の施工手順に示すように、堆積軟岩の破碎性を利用して簡易破碎（一次破碎）のみ行った母材を用いてベントナイト混合土を製造し、転圧締

固めによる破碎（二次破碎）からなる施工手順によって、密実な骨格構造を有する遮水層を構築できる特徴を有する。現地発生土を用いる場合、既存技術では必要に応じて粒度調整を行うため、その分の施工手間が生じる。本工法では、混合土の製造から転圧締固めまでの過程で母材の粒度調整がされるため、従来の施工法よりも効率的に遮水層を構築することができる。



図—1 本工法と従来方法との施工手順の比較

図—2に破碎性を活かした本工法の締固めメカニズムを示す。従来法では、転圧締固めにより形成された間隙はベントナイトによって充填されるため、ベントナイトの量が少ない場合には間隙を十分に埋めることができず、ある程度のベントナイトの量が必要となる。一方本工法は、まさ土の破碎に因る締固め性質に示されるように、転圧締固め過程における現地発生土の破碎効果によって間隙を充填し密な骨格構造が形成されるため、少量のベントナイトでも十分な間隙の間詰効

果が得られると推察している。これは、本工法における締固めメカニズムのポイントとなっている。

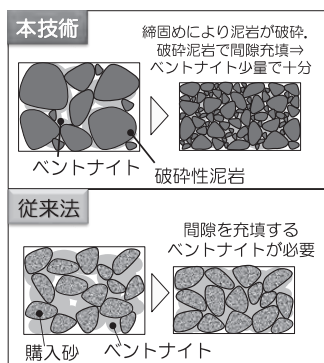


図-2 本工法の締固めメカニズム

3. 使用した材料

本試験で使用した材料の基本物性を表-1に、粒径加積曲線を図-3に示す。母材には堆積軟岩である仙台層群向山層（以下、泥岩と記す）および比較対象として山砂を用い、添加するベントナイトはNa型（クニゲル V1：クニミネ工業製）を使用した。泥岩を構成する土粒子の密度を調べるためにJIS A 1202に準拠した密度試験と、岩塊の密度を調べるために土の密度試験（JIS A 1225：パラフィン法）⁶⁾を行った。

表-1 使用材料の基本物性

項目		泥岩	山砂	Na型ベントナイト
物理的性質	含水比 (%)	31.88	13.3	8.0
	粒子密度 (g/cm ³)	2.59 *1	2.68	2.79
	スレーキング率 (%)	100.0	—	—
化学的性質	メチレンブルー吸着量 (mmol/100 g)	36	8	84

*1 JIS A 1202,

*2 JIS A 1225（「土の湿潤密度試験」パラフィン法）

これより、使用した泥岩は空隙率が45.5%と岩塊内部に多くの空隙を有している泥岩であることが確認できた。また、岩石中の粘土鉱物の割合を求めるメチレンブルー吸着量試験より、泥岩のメチレンブルー吸着量は36 mmol/100 gであり、山砂（8 mmol/100 g）と比較して非常に大きい値であり、粘土鉱物を多く含んでいる材料である。

4. 施工試験の概要および施工手順

試験ヤードは、図-4に示すように幅3.1m×長さ4.5mの試験ゾーンが2面、試験ゾーンに振動ローラがアプローチするための碎石斜路および振動ローラが試験中に一時退避可能な退避ゾーンを設置した。試験ゾーン、碎石斜路および退避ゾーンの境界は、端太角アングルで固定し各ゾーンを縁切りしている。

図-5に施工フローを示す。試験施工の手順は、①掘削ブリの破碎（一次破碎）、②ベントナイト混合土の製造、③撒き出し・転圧締固め（二次破碎）、④試料のサンプリングの手順で実施した。本試験では、破碎から転圧まで一連の施工性を実規模レベルで実施し、採取した試料を用いて性能確認を行い室内試験結果の再現性について確認した。

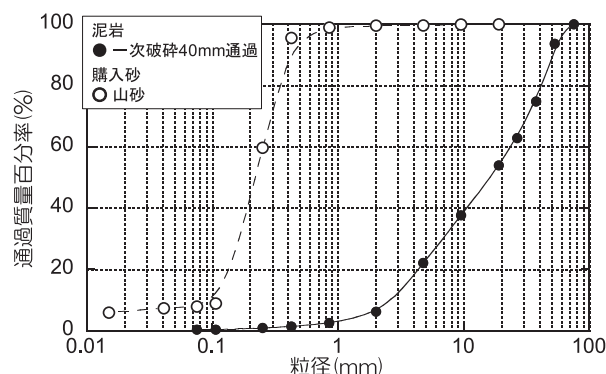
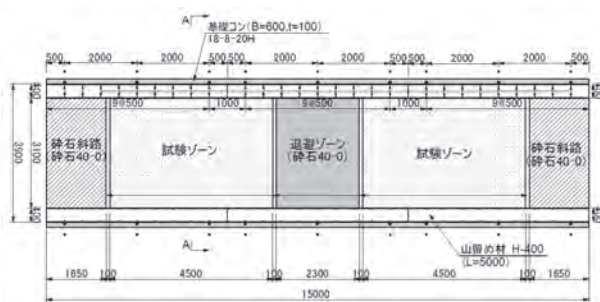


図-3 使用材料の粒径加積曲線

土槽平面図 1:100



土槽断面図 1:50 (A-A)

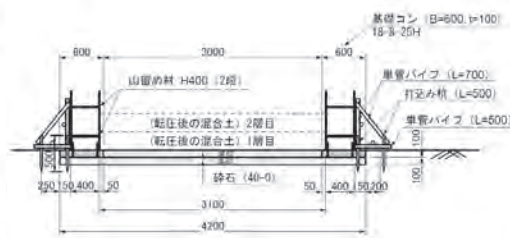
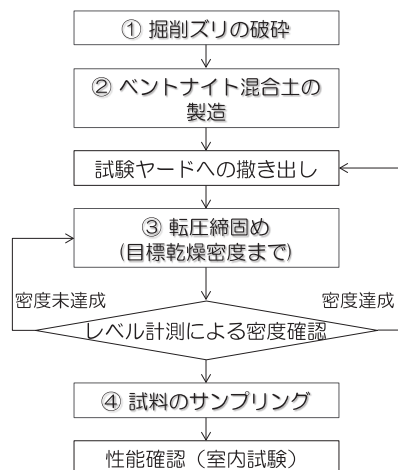


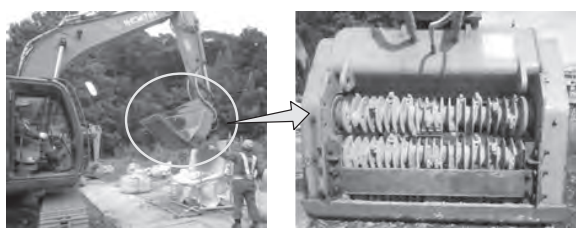
図-4 試験ヤード



図ー5 施工フロー

① 掘削ブリの破碎（一次破碎）

泥岩の一次破碎には 0.7 m^3 バケットアタッチメント式の破碎機を使用した（写真ー1）。フレキシブルコンテナに詰めて搬入した泥岩を1体ずつバケット内に開封し、バケット内の破碎ドラムを回転させることにより泥岩を所定の粒径以下に破碎した。本施工試験では、40 mm 以下を目標に破碎した（写真ー2）。



アタッチメント式破碎機

破碎ドラム

写真ー1 アタッチメント式の破碎機



破碎前

一次破碎（40mm以下）

写真ー2 簡易破碎前後の泥岩の様子

② ベントナイト混合土の製造

ベントナイト混合土の製造には、投入搬出を一連の作業で行う移動式ユニットプラント（北川鉄工所製）を使用した。泥岩は移動式ユニットプラントのホッパーから混合ミキサ内に投入した。製造に際して、必要なベントナイトの量は投入した母材およびベントナイトの含水比に応じて配合比に基づき自動計算され、混合ミキサ内に送られる。ミキサ内でも母材同士の衝

撃により多少破碎されるため、ここでも粒度調整される。製造したベントナイト混合土は、母材の周りにベントナイトがコーティングされた造粒物の形状であり、撒き出し時のハンドリング性が良く、さらに締固め後の均質性が得られる材料である（写真ー3）。



移動式ユニットプラント

ベントナイト混合土

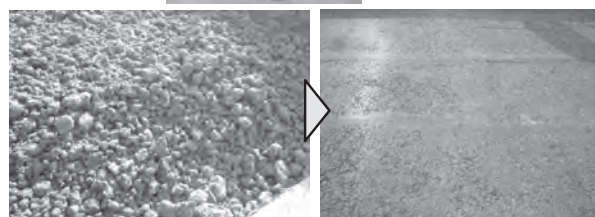
写真ー3 ベントナイト混合土の製造プラントおよびベントナイト混合土

③ 撒き出し・転圧締固め（二次破碎）

製造したベントナイト混合土を試験ヤードに所定量撒き出し、レベル計測により撒き出し厚を確認した。転圧締固めには振動ローラ（4t級タンデムローラ）を使用した。締固め管理は、振動ローラによる転圧締固め1往復ごとに高さをレベル測量し、締固めに伴う乾燥密度の変化を確認し、目標乾燥密度を達成するまで繰り返した（写真ー4）。試験終了後は、施工後の粒度分布の変化および要求性能を確認するため、ブロックサンプリングにより試料を採取した（写真ー5）。



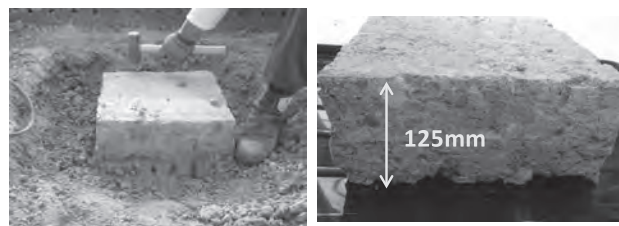
振動ローラ（4t級）



撒き出し直後

転圧締固め後

写真ー4 振動ローラおよび転圧締固め前後の様子



サンプリング様子

採取ブロック断面

写真ー5 ブロックサンプリングの様子

5. 施工試験の結果

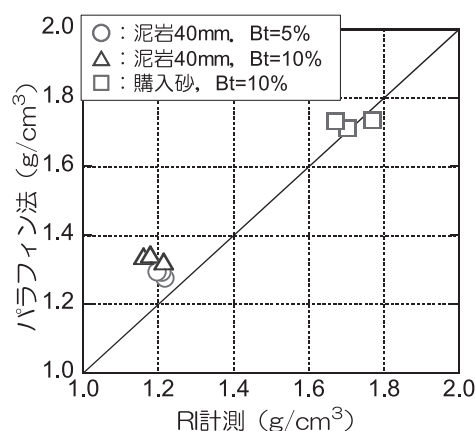
施工試験では一次破碎の最大粒径、ベントナイトの混合率および仕上がり厚をパラメータとして実施した。なお本稿では、施工試験で実施した中の一部の結果である仕上がり厚 12.5 cm、一次破碎の最大粒径 40 mm の泥岩単体、同粒径の泥岩を母材としたベントナイト混合率 5% および 10% の泥岩混合土（以下、泥岩混合土 5% および 10% と記す）と比較としてベントナイト混合率 10% の山砂混合土の結果について記述する。

(1) 施工性および密度管理

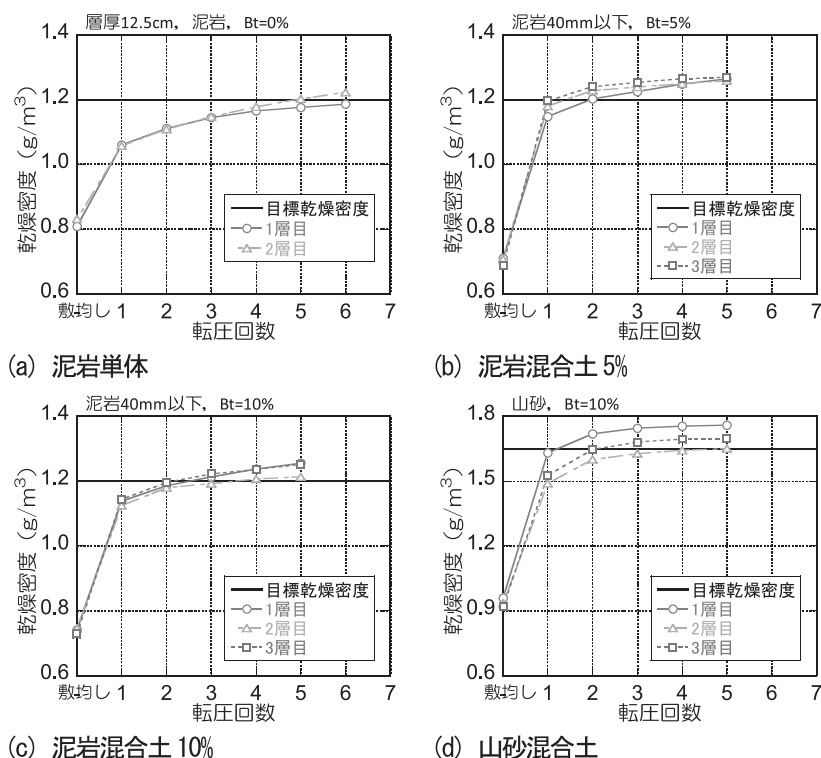
図—6 に施工時の高さ測定により算出した層ごとの平均乾燥密度の変化を示す。目標乾燥密度は事前に締固め試験を実施し、泥岩混合土は 1.2 g/cm^3 、山砂混合土は 1.65 g/cm^3 と設定した。泥岩混合土は各層で密度変化に大差なく、ベントナイト混合率に因らずいずれも転圧回数 2 回で目標乾燥密度に達した。一方で泥岩単体は、転圧回数が 5 回で目標乾燥密度に達したが、層の下部までは締固まっておらずブロックサンプリング時の自立性が乏しい状態であった。また山砂混合土は、1 層目の 1 往復のみプレートコンパクタで振動転圧し、2 層目以降は振動ローラで無振動転圧した。山砂を用いた場合、初期転圧時の転圧方法や転圧

速度の違いがその後の密度変化に多く影響を及ぼしたと考えられるが、転圧回数は 2 ～ 3 回で目標乾燥密度まで達している。以上より、転圧締め回数などの施工性の観点から、本工法は従来法と同等な施工が可能であることが確認できた。

施工後の密度管理については、RI とブロックサンプリングにより密度を測定した。図—7 に各密度測定方法による密度測定結果を示す。RI 密度およびブロックサンプリングによる密度は 1 層あたり 3 点測定した。母材を泥岩とした場合、RI 測定による乾燥密度はパラフィン法による乾燥密度に比べ、やや低めの値となった。この要因としては、母材粒子間のマクロ



図—7 RI 試験結果およびパラフィン法の相関関係



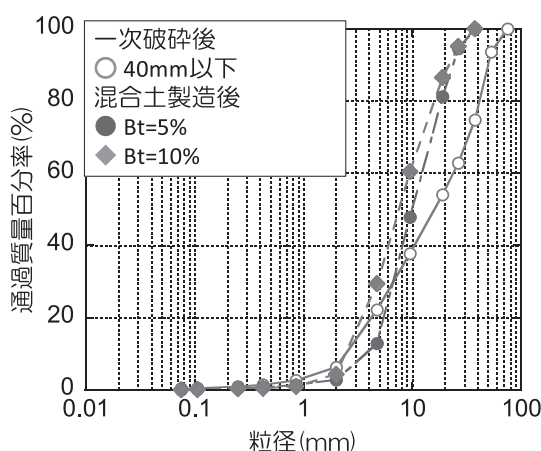
図—6 高さ測量より算出した層ごとの平均乾燥密度の変化

な間隙や、RI 測定器の線源棒と挿入孔との隙間などを経由して、線源棒から放出されるガンマ線のうち土中であまり減衰されないまま地表面に到達することによる影響や含水比が設定時より変化した可能性などが考えられる。一方、購入砂を母材とした場合には両者の乾燥密度に比較的相関が認められた。

(2) 室内試験による品質の確認

(a) 破碎性の確認

一次破碎後と混合土製造後の粒度分布を図—8に示す。混合土製造前後では粗礫分（粒径 19 mm 超）が 46%から 19%に減少し、中礫分（粒径 4.75 ～ 19 mm）



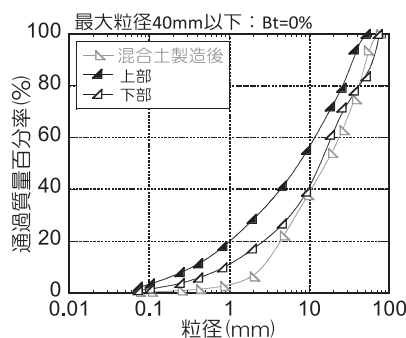
図—8 一次破碎後と混合土製造後の粒度分布

が 32%から 68%に増加している。これは、混合土製造過程においても泥岩が破碎されていることを示している。また混合土製造後に粒径 2 mm 以下の減少が見られるが、ベントナイトを含むことによる小径土粒子の団粒化の影響が考えられる。

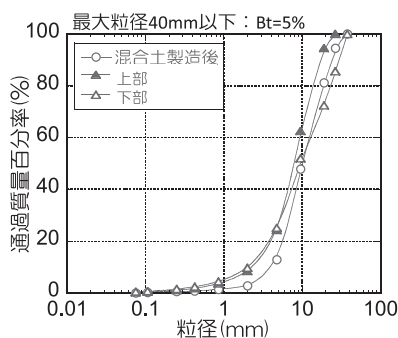
次に、混合土製造後と転圧締固め後の粒度分布の比較を図—9に示す。泥岩単体では、転圧前後で粒度分布が大きく変化していることが確認でき、層の上部がより顕著に破碎されていることが分かる。泥岩混合土ではベントナイト混合率が 5%および 10%においても粒度分布が変化しており、転圧締固めによる泥岩の破碎効果が確認できた。また転圧締固めによる破碎効果は、ベントナイト混合率が低いほど大きくなる傾向であった。なお山砂混合土は、転圧締固め後も粒度分布はほぼ一致しており、破碎性がないことを確認した。

(b) 遮水性の確認

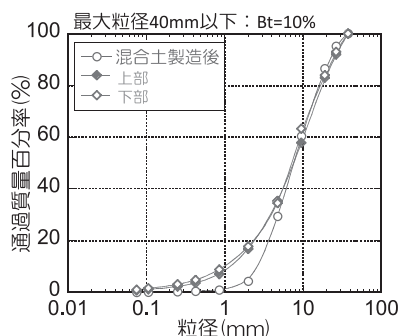
サンプリングした試料を用いて変水位透水試験⁶⁾を実施した。層内での透水係数の差を確認するために採取した1層分の上部と下部2種類の供試体と比較した。図—10に透水係数と有効粘土密度の関係を示す。ここで有効粘土密度とは、単位体積当たりに含まれるベントナイト分の重量をそれ自身の体積で除すことにより得られる純粋なベントナイト分の密度を示している。泥岩単体の透水係数は 10^{-7} m/sec と非常に大きい値であった。これはベントナイトを混合していないため層



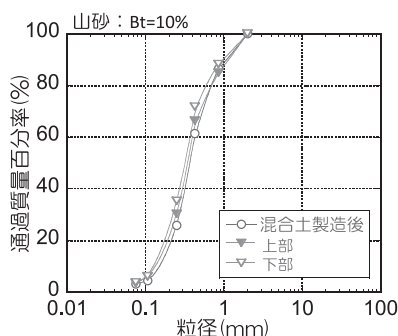
(a) 泥岩単体



(b) 泥岩混合土 5%

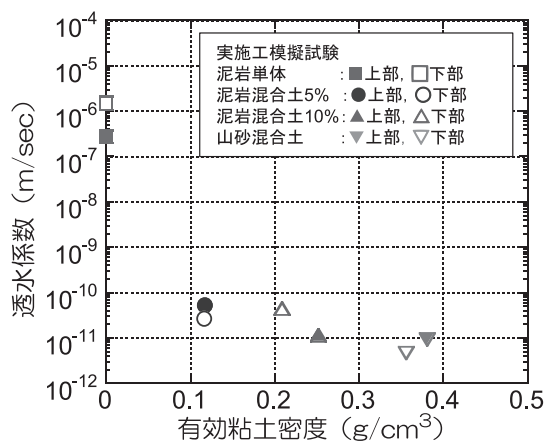


(c) 泥岩混合土 10%



(d) 山砂混合土

図—9 混合土製造後と転圧締固め後の粒度分布の比較



図一 10 透水係数と有効粘土密度の関係

内の粘着力がなく、サンプリングしたブロックの自立が難しかったこと、転圧締固めの均質性が得られなかったこと等が要因と考えられる。次に泥岩混合土でベントナイト混合率5%の場合の透水係数は 10^{-11} m/sec オーダー、ベントナイト混合率10%では透水係数 $10^{-11} \sim 10^{-12}$ m/sec オーダーであった。この結果より、ベントナイト混合率が5%であっても、ベントナイトの遮水性のみならず泥岩の破碎効果による密な骨格構造の形成によってさらに遮水性が確保され、山砂混合土10%と同等な透水係数を有することが出来たと考えられる。以上より、本工法により要求性能を満足する遮水層を構築できることが確認できた。

6. おわりに

本稿で報告した本工法 T-Combination クレイライナー工法は、現地掘削土として発生した破碎性堆積軟岩の有効利用を目指しベントナイト混合土の母材として利用することを目的とした施工技術である。

上述した施工試験結果より、粒度調整プラントで粒

度調整をしない簡易な破碎のみでも転圧締固め時の破碎効果を利用することによって、少ない転圧回数でも目標とする乾燥密度を達成し、従来法と同等な施工が可能であることが分かった。また本工法で使用した泥岩の場合には、破碎により構築された密実な骨格構造により、ベントナイト混合率5%でも遮水層に要求される透水係数を十分に満足する 10^{-11} m/sec オーダーを確認できた。なお、本結果は母材に新第三系鮮新統の仙台層群向山層を用いて実施した結果であり、現在では特徴の異なる数種類の堆積軟岩を用いてベントナイト混合土としての特性について検証を続けており、物理化学的性質の観点からメカニズムについても検証する予定である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 総理府・厚生省令：一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分に係る技術上の基準を定める命令，環境省令第三号 2013. 2. 21.
- 2) 土木学会建設技術研究委員会 建設技術体系化小委員会 遮水工ワーキンググループ：管理型最終処分場の構造基準に適合した「遮水工の体系化」，平成 26 年 10 月.
- 3) 水野克巳：最終処分場における 3 層構造しゃ水工システムの開発及び施工例，第 8 回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp.824-827, 1997.
- 4) 小峯秀雄，緒方信英：ベントナイト緩衝材・埋戻し材の透水特性と簡易評価法の提案，土木学会論文集，No.708/Ⅲ-59, 133-144, 2002.
- 5) 磯さち恵，木ノ村幸士，森川義人：破碎性堆積軟岩を母材に用いたベントナイト混合土による遮水層の効率的施工方法の実証事業，地盤工学会誌，Vol.64, No7, Ser.No.702, 2016.
- 6) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説－二分冊の 1－，2009.

【筆者紹介】

磯 さち恵 (いそ さちえ)
大成建設(株)
原子力本部 原子力技術第三部

本島 貴之 (もとしま たかゆき)
大成建設(株)
原子力本部 原子力技術第三部

森川 義人 (もりかわ よしと)
大成建設(株)
関西支店

港湾内放射性汚染物質の被覆・封じ込め

1F 港湾内海底土被覆工事の概要

橋 本 敦・斎 藤 奨 司・小 松 広 季

東日本大震災により被災した福島第一原子力発電所の専用港湾内の海域は、拡散した放射性物質で汚染されていた。汚染された海底土の巻き上がりによる港湾外への拡散を早期に抑制すること、かつ長期にわたる拡散抑制機能を維持することを目的として、2種類の異なる被覆材を開発し、2層に分けて港湾内全域の海底土被覆工事を実施した。

キーワード：東日本大震災、福島第一原子力発電所、被覆材、海底土被覆

1. はじめに

東日本大震災により被災した福島第一原子力発電所（以下、1F と記す）の専用港湾内の海域は、原子炉建屋からの爆発飛散物や汚染水の漏洩等により、拡散した放射性物質が海底に堆積する土砂と混ざり合うなど、港湾内全域が汚染されていた。従って港湾内の放射性物質の拡散を早期に抑制することは喫緊の課題であり、それを目的として海底地盤を固化処理改良土により被覆することで、放射性物質の拡散を抑制する工事を実施した。

本報文では、このような未曾有の問題の解決に向けてどのような取組、対策を進めたかについて概要を報告する。

2. 工事概要

(1) 施工期間

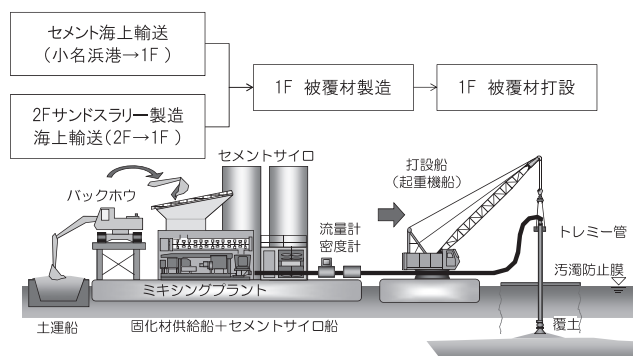
2014 年 5 月～2016 年 12 月

(2) 施工面積

180,600 m²：港湾内全域

(3) 施工フロー・方法

福島第二原子力発電所（以下、2F と記す）敷地内の物揚場にプラントを設けて製造したサンドスラリーを土運船に積込み、1F 専用港湾に海上運搬する。1F では、固化材供給船にてセメントを添加し、混練した被覆材を起重機船まで配管圧送し、海底面に打設（被覆）する（図—1）。施工状況を写真—1～4 に示す。



図—1 施工フロー・概要（1F）



写真—1 施工状況（2F サンドスラリー製造プラント）



写真—2 施工状況（2F → 1F 土運船海上運搬）



写真—3 施工状況（1F 固化材供給船，圧送）



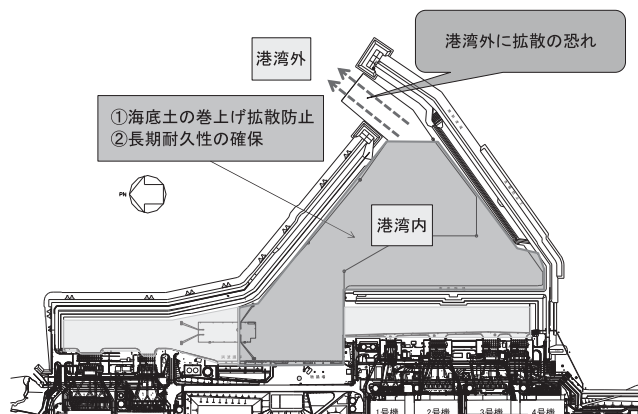
写真—4 施工状況（1F 起重機船打設）

3. 課題の整理と対策方針

1F 専用港湾内の海域は、拡散した放射性物質（微粒子）により汚染された状態であり、拡散の抑制が望まれていた。そこで、対策として「港湾内全域をセメント系被覆材によりフェーシングする」という基本方針を立案し、対策を検討した。被覆に関しては、以下の2つの機能を両立させる必要があった（図—2）。

①海底土の巻き上げ拡散の抑制

海底の汚染土砂の内、特に表層の粒径の小さなシルト層は高波浪や潮流、船舶の航行等により容易に巻き上がり、港湾外に拡散する恐れがあるため、これらを



図—2 課題の概要

できるだけ巻き上げないようにフェーシングを進める必要がある。

②長期に渡る拡散抑制機能の維持

今後、数十年にわたる廃炉作業を行う上で、海底の被覆材には出来るだけ長期間に渡り、その機能を維持する必要がある。

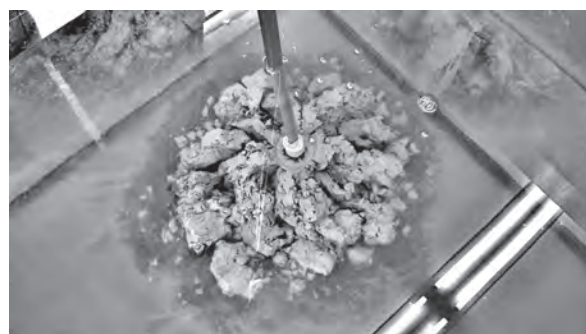
4. 課題の解決と実施工に関わる取組み

(1) 汚染拡散対策への取組み：新しい被覆材・配合の開発

(a) 海底土の巻き上げを防止する被覆材の開発

フェーシング被覆材に要求される機能は、①海底土の巻き上げ防止、②長期間の機能維持である。2つの機能を満たす材料を選定し、室内配合試験と水中模型打設実験で性能を確認することを繰り返して最適配合を求めた。

①海底土の巻き上げを防止する際に、特に粒径の小さなシルト層が表層に堆積している部分では、被覆材の比重を海水（1.03）よりは大きい範囲で、できるだけ「軽い」材料とする必要がある。このため、細骨材として砂の代わりにベントナイトを用いることとした。この際、材料分離しない範囲で出来るだけ比重を小さくするためにベントナイトを膨潤させる手順と時間の最適化を図る実験を併せて試行し、水中打設実験を行った結果、巻き上げが生じないことが確認できた（写真—5）。



写真—5 打設実験（1層目）

当初、この材料に強度を持たせて1層で全要求性能を満足する被覆材を追及したが、「軽さ」と「強さ」の両立は困難であったため、最終的には「2層被覆」とし、1層目は最低限の強度を満足しつつ海底土の巻き上げが防止できる比重が小さな被覆材とし、2層目を長期耐久性が維持出来る強度をもつ被覆材とする構造（図—3、写真—6）とした。

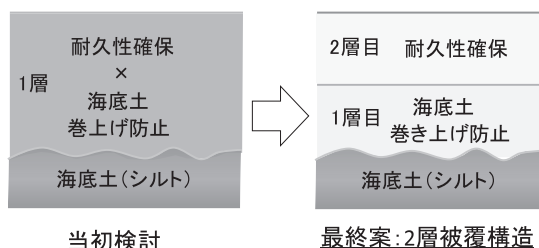


図-3 2層被覆構造

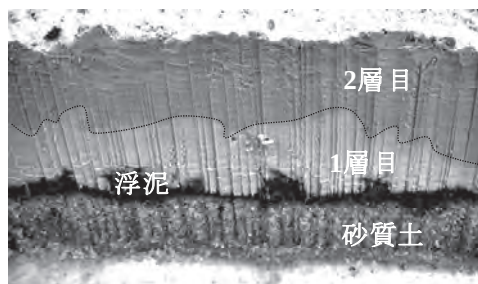


写真-6 実験後断面状況

(b) 長期耐久性と急速大量施工を両立できる被覆材の開発

2層目の材料には、長期耐久性の観点からある程度以上の強度が必要とされると同時に、施工面積が2倍になることによる工期延長を短縮するため、急速大量施工が可能なことが求められた。

急速大量施工を行うには、強度を保ちつつ、1箇所の打設位置から広範囲に打設ができるように、流動性が高く、水中分離抵抗性に優れ、ワーカビリティや強度の調整が可能な材料とする必要がある。最初は1層目と同じ材料の配合比を変えて所期の機能を満足できる材料としていたが、大量急速施工への対応が難しかったため、山砂を骨材として流動性と材料分離防止が両立できる添加材を開発し、配合や最適な施工方法を組み合わせて、新規工法（FL-SAND工法）として実用化した。この結果、要求性能を満足した施工が可能となった。

(2) 作業安全に対する取組み：船舶調整会議の主催

震災後の1F構内は作業員の作業環境も厳しく、復旧作業は輻輳し、作業ヤードの確保も困難であったため、固化材添加前段階までの被覆材の一次製造を2F物揚場にて行い、そこで製造した材料を土運船にて大量かつ一度に海上運搬することで作業リスクの低減を図った。これにより土運船による被覆材の海上運搬（2F～1F）が毎日発生することになったが、1F港湾内は他の船舶も航行するため、海上交通安全リスクの排除が課題となった。そこで1F建設時から発電所の海上作業に精通する当社が主体となり、船舶調整会議を



写真-7 船舶調整会議実施状況

毎週水曜日に実施し（写真-7）、作業間調整、海上保安部情報の交換、気象海象情報の共有など、積極的に海上作業安全の確保に努めた。活発な安全推進活動を継続した結果、工事期間中の海難事故ゼロを達成した。

5. おわりに

本工事の施工中は、他社船舶の出入りや気象海象の悪化等により頻繁に作業中断を余儀なくされたが、今回新たに開発した被覆材の活用をはじめ、多くの工夫と改善を積み重ねた結果、目標品質を確保し、工期内に港湾内全域の被覆を完了できた。

施工のメンバーは、東日本大震災で被災しているにもかかわらず福島復興を心から望む者、自身・家族が不安を抱く中、それを克服・説得して業務に邁進する者など様々であった。今後も各個の使命感や目的を一体化し、チーム一丸となって廃炉・汚染水対策および福島復興に貢献していきたい。

J C M A

【筆者紹介】

橋本 敦（はしもと あつし）

1F 港湾内海底土被覆工事共同企業体（五洋・東亜 JV）
現場代理人



斎藤 奨司（さいとう しょうじ）

1F 港湾内海底土被覆工事共同企業体（五洋・東亜 JV）
工事課長



小松 広季（こまつ ひろき）

1F 港湾内海底土被覆工事共同企業体（五洋・東亜 JV）
工事主任



放射能汚染土の分級減容化と再生利用に関する検討

田 中 真 弓・川 端 淳 一・小 澤 一 喜

除染作業で発生した大量の除去土壌等の減容化のため、分級・化学処理・熱処理の3つが主要な技術として確立されつつある。本研究は、分級による減容化効果を検討するため、実汚染土壌としてグラウンドの土を用いた現地試験と、粒径2 mm以上の分級後土壌をセメント改良した後の土壌の溶出試験により土木資材としての利用可能性を検討した。その結果、分級洗浄によって得られた粒径0.075 mm以上の砂は放射性セシウム濃度が8000 Bq/kg以下となり、さらにセメント改良することによって溶液中への放射性セシウムの溶出率も低くなるため、土木資材としての再利用の可能性の高いことが分かった。

キーワード：中間貯蔵施設、除去土壌、減容化、土壌分級、磨洗

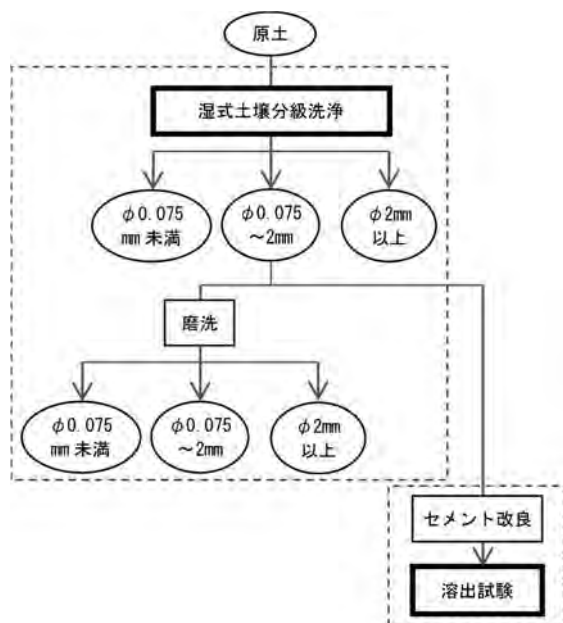
1. はじめに

福島第一原子力発電所での事故後、「平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法」（平成23年法律第110号）に基づき、空間線量率が一般公衆の年間被ばく量の上限とされている1 mSv/yを超える地域では除染が進められており、さらに汚染廃棄物の処理、中間貯蔵施設の整備等の各種取組が行われている。除染の対象となるのは、宅地、農地、森林、道路などである。宅地や農地などの土壌については、放射性物質が、細粒分に高濃度に、粗粒分に低濃度に吸着・付着しており、特に地表付近に集中していることが知られている¹⁾。

除染作業で発生した大量の除去土壌等は、中間貯蔵施設に搬入された後、安全に管理・保管され、中間貯蔵開始から30年以内に県外最終処分が予定されている。しかし、県外最終処分の実現に向けては、最終処分必要量の低減が課題であるため、除去土壌の中から再生資材として利用可能な放射能濃度の低い土壌を選別し、放射性物質の拡散が起こらないよう配慮した上で再生利用を進めていくことが望ましい。「中間貯蔵除去土壌等の減容・再生利用技術開発戦略（案）」（平成28年3月、環境省）では、上記考え方に基づき、関連した技術開発、再生利用等に関する中長期的な方針が示されている。最終処分の完了に向けて、放射性セシウム（以下、Cs）濃度が8000 Bq/kg以下のもの

は、遮蔽効果を有する資材で覆うなど管理された状態であれば、盛土や廃棄物処分場の覆土材などに再生利用可能であるとの見解が、「再生資材化した除去土壌の安全な利用に係る基本的考え方について」（平成28年6月30日、環境省）で示されている。

震災後、減容化のための技術開発が各機関で活発に進められており、その結果、分級、化学処理、熱処理の3つが主要な技術として研究されてきている。本研究では、このうち分級による減容化効果を、実汚染土壌としてグラウンドの土を用いた現地試験によって検討した。前述の通り、土壌中の放射性Cs濃度は粒径によって異なるが、放射性Cs濃度が比較的低い粗粒分を選別し、洗浄等により8000 Bq/kg以下とすることができれば、土木資材として再生利用が可能であると思われる。一方、こうして洗浄、選別された8000 Bq/kg以下の土を土木資材として再生利用する場合、河川水・海水等との接触における放射性Csの溶出特性が再生利用の際の課題として挙げられる。これらを踏まえ、本研究では、放射性Cs濃度が比較的低い粗粒分を対象に選別・洗浄による再利用の可能性について検討を行った。具体的には、まず湿式土壌分級洗浄によって、8000 Bq/kg以下の土壌の選別の可能性を室内実験・実規模実験により検証した。次に、道路や防潮堤の盛土材・中詰土に8000 Bq/kg以下の土壌を用いることを想定し、選別土壌（未改良土）と、セメントを添加して作製したセメント改良土供試体の粉碎物について、それぞれを試料とした溶出試験を行った。もし、8000 Bq/kg以下の土壌を土木資材と



図一 本研究のフロー

して再利用し、構築した構造物が河川の氾濫や津波や高潮などによって万が一破損した場合には、汚染土壌と河川水や海水が接触し、放射性Csが液相中へ溶出する懸念がある。溶出試験は、そのような状況を想定し、放射性Csの溶出特性を把握することを目的としたものである。本研究のフローを図一1に示す。

2. 実験方法

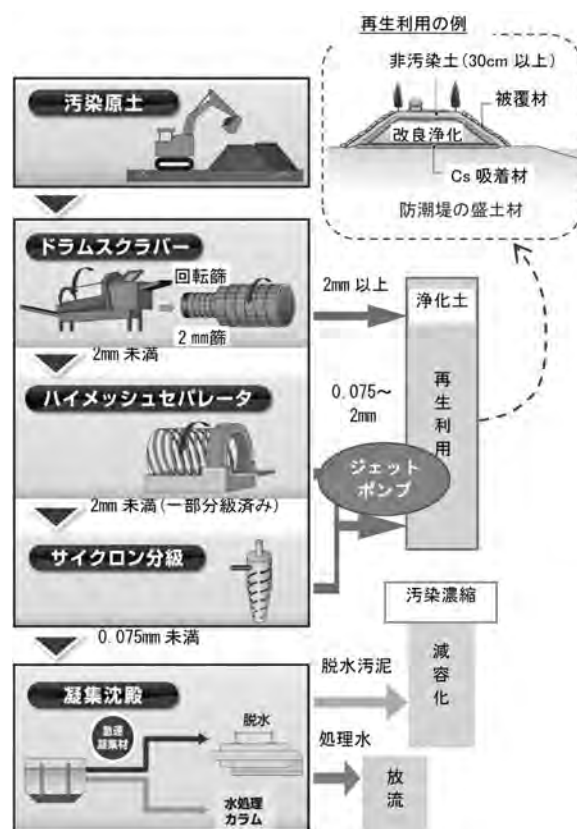
現地における湿式土壌分級洗浄と、分級後土壌を材料の一部として使用したセメント改良土の溶出試験について、実験方法を以下に示す。なお、本実験は2012年に実施したものである。

(1) 湿式土壌分級洗浄

放射性Csによって汚染されたグラウンド土壌を対象に湿式土壌分級洗浄を行った。汚染は地表部に集中していることが知られている¹⁾ことから、表層から深さ5cmまでの表土を対象とした。分級区画は、地盤工学で一般的な土粒子区分の粒径²⁾を参考に、粒径0.075mm未満、0.075～2mm、2mm以上の3段階とした。

まず、室内実験では、グラウンドの表層5cmの土壌をφ0.075mm未満、φ0.075～2mm、φ2mm以上に簡易湿式分級し、サンプル全体の放射性Cs濃度と各分級区画の放射性Cs濃度と重量比を測定した。

さらに、現地で実規模レベルの装置を用いて、湿式土壌分級洗浄を実施した。以下には、実規模実験の湿式土壌分級洗浄の手順を示す(図一2)。



図一2 湿式土壌分級システムの概要

- ①グラウンドの表土5cmをバックホウですきとる
- ②ドラムスクラバーに水と土壌を投入し、回転篩(2mm目)で分級洗浄(φ2mm以上、φ2mm未満に分級)
- ③ハイメッシュセパレータにより解泥・洗浄(φ2mm未満をφ0.075～2mmに分級)
- ④遠心力を利用したサイクロンによる分級(③で取り残したφ0.075～2mmを分級)
- ⑤細粒分を含む処理水を凝集沈殿、脱水(脱水汚泥はφ0.075mm未満となる)

湿式土壌分級洗浄の実施状況は写真一1に示す通りであり、原土と分級洗浄後土壌のサンプリングを行った。



写真一1 湿式土壌分級洗浄の状況

φ 0.075 ～ 2 mm に分級した土壌については、さらに砂・礫の表面に固着した放射性 Cs を分離する手法としてジェットポンプによる磨洗を試みた。本試験での磨洗とは、ジェットポンプにより砂と水と空気の三相（固相、液相、気相）を高速で流下させ、混練しながら矩形の管路内を通過させることにより、砂同士がこすり合わされ、砂粒子を破壊せずに砂粒子の表面を磨き取る方法である。実験条件（表—1）は、洗浄水に水あるいは過酸化水素水（2 wt%）を使用し、さらに浄化効果向上を期待して吸着材として笠岡粘土を 1 wt% 添加した場合を設定した。5 回磨洗した後の土壌を採取した。

表—1 ジェットポンプによる浄化実験条件

吸着材（笠岡粘土）	洗浄水
あり	水
	過酸化水素水（2 wt%）
なし	水
	過酸化水素水（2 wt%）

また、安定的かつ大規模に低コストで処理できる分級処理システム構築のための要素試験として、ハイメッシュセパレータによる緩速の分級洗浄を行う前段階で、洗浄水としてマイクロバブル水を使用した場合の分級洗浄効果について、原土を用いた試験を実施した。水またはマイクロバブル水と土壌を混合して作製したスラリー（5 wt%，土：水＝1：19）の分級洗浄を下記の手順で行った。なお、マイクロバブル水はマイクロバブル発生装置から吐出された直後のものを使用した。写真—2 に実験状況を示す。

- ①ハイメッシュセパレータを清水で満水にする
- ②ポットミキサーに土壌を規定量投入し、さらに水またはマイクロバブル水を加える
- ③ポットミキサーを 2 分間運転し停止する
- ④ポットミキサー内のスラリーから土壌試料を採取する
- ⑤スラリーを 860 kg/分の速度でハイメッシュセパ

レータに投入し 4 分間、運転する

- ⑥最終投入終了 1 分後にハイメッシュセパレータを停止する

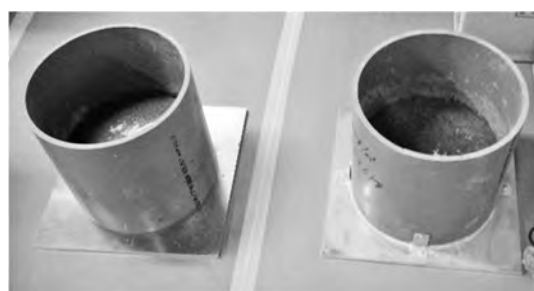
- ⑦ベッセルに受けた土壌から土壌試料を採取する

なお、各実験でサンプリングした土壌は、全量での放射性 Cs 濃度と、φ 0.075 mm 未満、φ 0.075 ～ 2 mm、φ 2 mm 以上に室内で簡易分級した後、各分級区画の放射性 Cs 濃度と重量比を測定した。放射性 Cs 濃度は、ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリーで測定した ^{134}Cs と ^{137}Cs の合計値を、乾燥重量当りの測定値として示す。

(2) 溶出試験

溶出試験に用いた溶液は、河川水などの淡水を想定した水道水と海水を想定した人工海水である。溶出試験に用いた固体試料は、分級後の土壌のうち、φ 2 mm 以上（φ 2 ～ 5 mm 程度）の 8000 Bq/kg 以下に浄化された土壌（未改良土）と同じ分級後土壌をセメントで改良した土を用いた。この時のセメント添加量は、80 kg/m³、120 kg/m³とした。セメント改良土作製用型枠は直径 30 cm の円筒形で、供試体の高さは 30 cm である（写真—3）。材齢 11 週でこのセメント改良土を破碎し、5 mm 篩い通過分を試料とした。

溶出試験の条件を表—2 にまとめた。溶出試験の作業概要は次の通りである。試料は風乾せず、液固比 10（固体 50 g、液体 500 g（＝500 mL））で 1 L ポリビンに封入し、横置きで振とう（振とう幅 4 ～ 5 cm、200 rpm、6 時間）した。吸引ろ過時のろ紙は 0.45 μm

写真—3 セメント改良土供試体（左：80 kg/m³、右：120 kg/m³）

写真—2 ハイメッシュセパレータ試験状況

表—2 溶出試験条件

試験土壌		試験水
未改良土		水道水
		人工海水
セメント改良土	セメント添加量：80 kg/m ³	水道水
		人工海水
	セメント添加量：120 kg/m ³	水道水
		人工海水

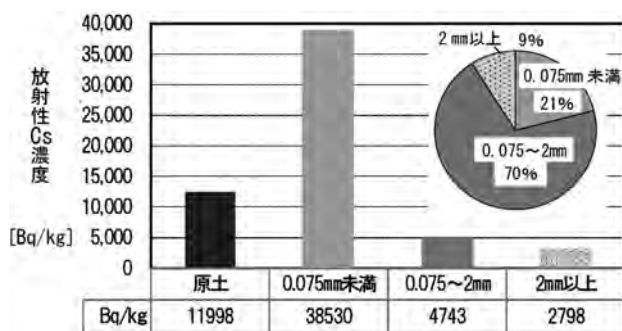
メンブレンフィルターを用いており、吸引ろ過後のろ液を検液とした。検液の放射性 Cs 濃度の測定は土壌と同じ測定器を用いた。

3. 実験結果

(1) 湿式土壌分級洗浄

分級前の原土（グラウンド表層 5 cm の土壌）と、 ϕ 0.075 mm 未満、 ϕ 0.075 ～ 2 mm、 ϕ 2 mm 以上に室内で簡易分級した土壌について、各分級区画の放射性 Cs 濃度と重量比を測定した。測定結果を図—3 に示す。放射性 Cs 濃度は、分級前の原土で約 12000 Bq/kg、 ϕ 0.075 mm 未満が約 39000 Bq/kg、 ϕ 0.075 ～ 2 mm が約 5000 Bq/kg、 ϕ 2 mm 以上が約 3000 Bq/kg であった。また、重量比は ϕ 0.075 mm 未満が 21%、 ϕ 0.075 ～ 2 mm が 70%、 ϕ 2 mm 以上が 9% であった。

また、現地で実規模レベルの湿式土壌分級洗浄を



図—3 原土の放射性 Cs 濃度と重量比 (円グラフ)

行った後の土壌の放射性 Cs 濃度は ϕ 0.075 mm 未満が 20000 ～ 40000 Bq/kg 程度、 ϕ 0.075 ～ 2 mm が 4000 ～ 6000 Bq/kg 程度、 ϕ 2 mm 以上（ ϕ 2 ～ 5 mm 程度）が 2000 ～ 2800 Bq/kg であった（表—3）。これは、室内で簡易分級した後の各分級区画の放射性 Cs 濃度とほぼ同じ結果となった。

ϕ 0.075 ～ 2 mm に分級した砂（4000 ～ 6000 Bq/kg 程度）をジェットポンプにより磨洗した結果、表—3 のように、吸着材あり、もしくは過酸化水素水を用いたケースで浄化効果が高く、放射性 Cs 濃度をさらに低減可能であることが分かった。磨洗後の ϕ 0.075 ～ 2 mm の土壌の放射能濃度は、吸着材なしのケースでは、水で 4950 Bq/kg、過酸化水素水で 4670 Bq/kg となり、過酸化水素水の方がやや低かった。この傾向は吸着材ありのケースでもみられ、水で 3690 Bq/kg、過酸化水素水で 2850 Bq/kg となり、「吸着材あり・過酸化水素水」のケースでは、3000 Bq/kg を下回った。 ϕ 0.075 mm 未満の土壌は、吸着材なしでは 14370 ～ 14650 Bq/kg であったが、吸着材ありでは水で 4950 Bq/kg、過酸化水素水で 6860 Bq/kg となった。なお、実験後土壌を湿式分級した各分級区画の分布重量割合は、 ϕ 0.075 mm 未満が 1.1%、 ϕ 0.075 ～ 2 mm が 97.8%、 ϕ 2 mm 以上が 1.1% であった。

ハイメッシュセパレータを用いた洗浄水の違いによる分級洗浄効果の検討では、水またはマイクロバブル水を使用した結果、原土の放射性 Cs 濃度は 52941 Bq/kg に対して、水の場合、除染率（（原土の放射性 Cs 濃度－洗浄後土壌の放射性 Cs 濃度）／原土の放射性 Cs 濃度 × 100）と放射性 Cs 濃度が、洗浄前→後で 33% → 55%、35242 Bq/kg → 24076 Bq/kg となり洗浄後の除染率は洗浄前に比べて + 22% であった。これに対して、マイクロバブル水のケースでは、除染率と放射性 Cs 濃度が、洗浄前→後で 54% → 62%、24387 Bq/kg → 20233 Bq/kg となり洗浄後の除染率は洗浄前に比べて + 8% であった。実験土壌を湿式分級した各分級区画の分布重量割合は、原土の ϕ 0.075 mm 未満が

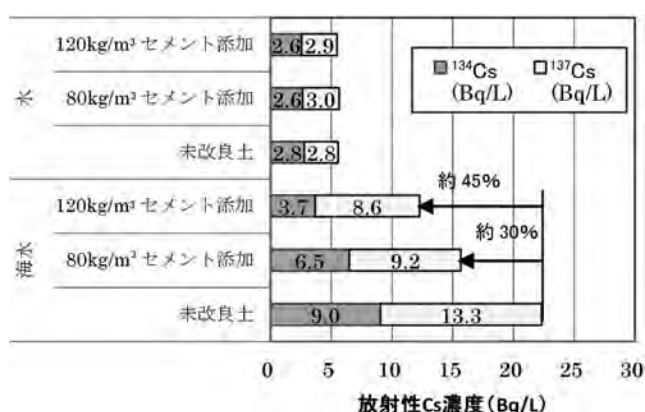
表—3 実験土壌の放射性 Cs 濃度

		分級前	分級後土壌の粒径		
			0.075 mm 未満	0.075 ～ 2 mm	2 mm 以上
原土		11998	38530	4743	2798
湿式土壌分級洗浄後		—	20000 ～ 40000 程度	4000 ～ 6000 程度	2000 ～ 2800 程度
磨洗後	吸着材なし、水	—	14650	4950	少量のため 測定できず
	吸着材なし、過酸化水素水	—	14370	4670	
	吸着材あり、水	—	4950	3690	
	吸着材あり、過酸化水素水	—	6860	2850	

20.2%, ϕ 0.075 ~ 2 mm が 74.0%, ϕ 2 mm 以上が 5.8% に対して, 洗浄前は ϕ 0.075 mm 未満が水 12.6%, マイクロバブル水 5.7%, ϕ 0.075 ~ 2 mm が水 79.9%, マイクロバブル水 85.2%, ϕ 2 mm 以上が水 7.5%, マイクロバブル水 9.0% であった。洗浄後は ϕ 0.075 mm 未満が水 5.6%, マイクロバブル水 4.2%, ϕ 0.075 ~ 2 mm が水 86.8%, マイクロバブル水 88.3%, ϕ 2 mm 以上が水 7.7%, マイクロバブル水 7.5% であった。

(2) 溶出試験

未改良土とセメント改良土（セメント添加量：80 kg/m³, 120 kg/m³）の粉碎物のうち 5 mm 篩い通過分を用いて, 水道水と人工海水を溶出液とした溶出試験を行った。その結果, 放射性 Cs の溶出量は, 未改良土, セメント改良土ともに水道水より人工海水の方が多かった。各ケースにおける溶出傾向と溶出濃度は図—4 の通りである。



図—4 溶出試験後ろ液の放射性 Cs 濃度

水道水を用いたケースでは, 全ての試料から放射性 Cs の溶出はほぼなく, 検出限界値 (6.0 Bq/L) 以下であった。

人工海水を用いたケースでは, 12.3 ~ 22.3 Bq/L 程度の放射性 Cs の溶出が認められた。溶出量は, 未改良土 > セメント改良土 80 kg/m³ > セメント改良土 120 kg/m³ の順で少なくなっており, 具体的には, 未改良土で 22.3 Bq/L, セメント改良土 80 kg/m³ で 15.7 Bq/L (未改良土より約 30% 低い), セメント改良土 120 kg/m³ で 12.3 Bq/L (未改良土より約 45% 低い) であった。

4. 考察

(1) 湿式土壌分級洗浄

グラウンド土壌原土の室内分級結果から, 細粒分比べて粗粒分で放射性 Cs 濃度は薄くなることが分かった。また, 現地における湿式土壌分級洗浄でも上記の傾向が確認され, 従来からの検討結果¹⁾と同様の分級による効果が確認された。これは, 細粒分は比表面積が大きいことと, Cs に対して極めて選択的吸着性の高いフレイド・エッジ・サイト³⁾が多く存在すること等に起因していると考えられる。

また, ジェットポンプを 5 回通過させた磨洗後の土壌は, 分級洗浄直後より放射性 Cs 濃度が低下しており, もし, 分級洗浄直後の 0.075 ~ 2 mm の放射性 Cs 濃度が 8000 Bq/kg を超えている場合でも, 磨洗を行うことによって土木資材として再生利用することが可能となりうると考えられる。洗浄効果が最も高かったのは, 洗浄水として過酸化水素水 2 wt% 溶液を用い, 吸着材として笠岡粘土を 1 wt% 添加したケースであった。吸着材を添加したケースでも洗浄水が水の場合, 過酸化水素水より洗浄効果は低かった。過酸化水素水と吸着材が除染効果の向上に影響を与えた原因としては以下が推定される。

- ① 0.075 ~ 2 mm の砂粒子表面に吸着していた Cs イオンが磨洗により溶出した可能性
- ② 過酸化水素水から分解した酸素気泡により, 混相流の攪拌性が増し, 砂粒子表層部の磨洗効果が増加した可能性
- ③ 脱着した Cs イオンを土壌よりも吸着力の強い吸着材が優先的に吸着した可能性

汚染は主に砂の表面に多くが付着しているため, 最も効率的な除染は表面のみを薄く削り, 取り除くことである。なお, 吸着材ありで ϕ 0.075 mm 未満の放射性 Cs 濃度が低いのは, 吸着材には元々放射性 Cs が含まれておらず, 希釈により濃度が低下したものと考えられる。

ハイメッシュセパレータを用いた洗浄水の違いによる分級洗浄効果の検討では, マイクロバブル水はスラリーを作製した段階でかなり細粒分が洗われており, 水でスラリーを作製した場合より, 除染率でハイメッシュセパレータによる洗浄前は 21%, 洗浄後は 7% 高い効果を示した。すなわち, マイクロバブル水には, 気泡による砂粒子表面の細粒分除去効果があると予想される。

(2) 溶出試験

溶出試験では、湿式土壌分級洗浄後の土壌のうち、 $\phi 2\text{ mm}$ 以上 ($\phi 2 \sim 5\text{ mm}$ 程度) の 8000 Bq/kg 以下に浄化された土壌(未改良土)とセメント改良を行った供試体を粉碎した 5 mm 篩い通過分を試料として用いた。セメント改良土のセメント添加量は、 80 kg/m^3 、 120 kg/m^3 として、水道水と人工海水を溶液として溶出試験を実施した結果、試験後の放射性 Cs の溶出量は、未改良土の砂、セメント改良土ともに水道水より人工海水の方が、同じ水質の場合はセメント改良土より未改良土の方が多かった。この結果より、水道水より人工海水の方が溶液中の Na^+ などの陽イオン濃度が Cs の濃度より圧倒的に高く、Cs の溶出を促進したと推定される。また、セメント改良を行うことにより、砂粒子表面がセメントでコーティングされ、砂粒子と水との接触機会が減少したことも溶出量低下の原因と考えられる。

したがって、防潮堤等の海水と接触する恐れのある構造物では、未改良土よりセメント改良土の方が、放射性 Cs の溶出量が少ないより安全な材料となると考えられる。

5. おわりに

県外最終処分が完了すべき中間貯蔵開始から 30 年後には、除去土壌等の放射能濃度は、物理減衰によって事故当初の 4 分の 1 以下まで低減する。約 2000 万 m^3 ある除去土壌等のうち、 8000 Bq/kg 以下のものは、平成 27 年 1 月時点では約 1000 万 m^3 であるが、中間貯蔵開始 30 年後には物理減衰のため約 1400 万 m^3 (全体の約 7 割) に増加すると環境省は予想している。県外最終処分実現のためには、これらの除去土壌の減容・再生利用を推進することが重要である。今回の検討の結果、 8000 Bq/kg を超える除去土壌であっ

ても再生資材となりうる土壌の選別が可能であり、汚染土の性状や適用現場に合わせて、適切な処理をすることで、より安全に再生利用が可能になることが分かった。今後は環境省から示された除去土壌等の減容・再生利用に関連した基本的な考え方にに基づき、土の安全性、環境管理手法を確立し、汚染土壌の減容・再利用推進の一助となるような検討を続けていきたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 奥島修二・塩野隆弘・石田聡・吉本周平・白谷栄作・濱田康治・人見忠良・樽屋啓之・今泉眞之・中達雄、浅代かき強制排水による水田土壌中の放射性物質除染法の有効性に関する事前検討、土壌の物理性、Vol.121, pp.43-48, 2012.08.
- 2) 地盤工学会、土質試験—基本と手引き—(第二回改訂版)、p27, 2010.03.
- 3) 山口紀子・高田裕介・林健太郎・石川覚・倉俣正人・江口定夫・吉川省子・坂口敦・朝田景・和頼朗太・牧野知之・赤羽幾子・平館俊太郎、土壌—植物系における放射性セシウムの挙動とその変動要因、農環研報、Vol.31, pp.75-129, 2012.03.

【筆者紹介】

田中 真弓 (たなか まゆみ)

鹿島建設㈱

土木管理本部 土木技術部 要素技術開発グループ
課長代理



川端 淳一 (かわばた じゅんいち)

鹿島建設㈱

技術研究所

主席研究員 兼 岩盤・地下水グループ長



小澤 一喜 (おざわ かずき)

鹿島建設㈱

技術研究所

岩盤・地下水グループ
上席研究員





新幹線地震対策技術の進化を振り返る

島 村 誠

新幹線は1964年の東海道新幹線開業以来半世紀にわたって日本の大動脈として走り続け、今なお列車事故による乗客の死傷者ゼロという世界に類を見ない記録を更新しつつある。自然災害が多発する国土の厳しい環境条件を考えれば、このことは驚異的とも感じられる。しかしそれは当初からの万全の対策によって達成されたのではなく、幾多の幸運に恵まれ、またその幸運に甘えることなくゆめぬ努力を重ねることによって得られた結果であった。本稿ではこの半世紀における新幹線地震対策技術の歩みを振り返る。

キーワード：新幹線、地震対策、早期地震警報、耐震補強

1. はじめに

東海道新幹線は1959年に建設計画が策定され、1964年秋の開業を目指して極めて短期間での建設が行われたが、この時期には今日の地球科学の根本原理のひとつとされるプレートテクトニクスの理論は未だ一般に知られておらず、わが国の地震学ならびに地震工学の分野における本格的な強震観測も始まったばかりであった。もちろん当時としては最高水準の科学的知見と技術を駆使して建設されたが、その後多くの技術開発成果や観測された地震被害データにもとづいてあらたな対策技術が導入されて今日に至っている。新幹線の地震対策は、文字どおり「走りながら考えて」発達してきた技術である。

2. 構造物耐震設計技術の変遷

わが国の鉄道技術は地震の少ないヨーロッパから持ち込まれたものであり、当初は具体的な構造物の耐震設計法が定められていなかった。1923年の関東大震災が契機となって、1930年鉄道省制定の『橋梁設計標準』や、1931年の土木学会の鉄筋コンクリート標準示方書で震度法がルール化されるようになった。震度法とは、設計水平震度（0.15～0.3程度）に構造物の質量を乗じた水平荷重を構造物に与えたときに構造物の各部材に生じる応力がその破壊強度を超えないように部材の断面を決定する設計法である。この設計水平震度は関東大震災を引き起こした大正関東地震における地動の最大加速度が根拠になっているといわれて

いるが、当時きわめて限られた地点以外に実際の計測記録はなく、被害状況からの推測にもとづいて決められたものであった。

わが国における1970年以前の構造物の耐震設計は水平方向の設計震度に対する構造物の弾性強度のみを保証するものであり、さらに大きな地震力が作用した場合に損傷が進展し崩壊にいたる機序を設計段階で考慮していなかった。ところが、1968年の十勝沖地震や1971年の米国カリフォルニア州のサンフェルナンド地震において、鉄筋コンクリートの柱がもろく破断する「^{せん}剪断破壊」によって構造物全体が大きく崩壊する現象が数多く見られた。1970年代前半にはこの原因調査が数多く行われ、その結果から構造物の強度を上回る地震力に対しても崩壊という大破壊を防ぐためには「剪断破壊」を絶対避け、構造物に「粘り」をもたせなければならぬとの結論になった。こうしたことから、1980年代以降の基準では、鉄筋コンクリートの柱の^{おび}帯鉄筋をより多く配置するなど、構造部材および構造系全体としての「ねばり」を増すため、多くの工夫が盛り込まれた。

1995年の兵庫県南部地震では高速道路や新幹線、建物などに大きな被害を生じたが、この第一の原因が作用した地震力が設計で想定したものを大きく上回ったことにあるのは明白であった（写真1）。

そのため、発生確率は極めて低いが一度発生すれば巨大な外力として作用するという特徴を有する地震に対して、設計でどのような地震を想定し構造物にどのような耐震性能を保有させるかが、新たな課題として浮かび上がった。その結果、



写真—1 兵庫県南部地震による山陽新幹線高架橋の被害例

- (1) 従来の設計基準類で標準的に想定されていた地震動に対応し、すべての構造物に対して損傷を受けない耐震性能を保有することを要請する「レベル1地震動」と
- (2) 発生する確率は極めて低いが非常に強い地震動であって構造物に期待される使命に応じてある程度の損傷が発生し残留変位が生じても地震後比較的早期に修復可能あるいは最悪な場合でも構造物全体系の崩壊が生じないような耐震性能を保有することを要請する「レベル2地震動」

の2段階の地震動に対する耐震設計基準が成立した。また、兵庫県南部地震で大きく崩壊した高速道路や新幹線、建物などを調査したところ、それらのほとんどは1970年以前に建設されており、その主な原因がやはり鉄筋コンクリートの「剪断破壊」であったことで1970年以降の耐震設計の妥当性が立証される結果ともなった。

上に述べたことから明らかなように、鉄道に限らず土木構造物の耐震設計法は理論的研究の結果を反映した変更とは別に地震被害が生じるたびに様々な修正が加えられてきた。つまり構造物が地震によってどのように壊れるかについての詳細な情報は現に供用中の個々の構造物に実際の被害が生じることで初めて明らかになるので、その原因究明の成果を敷衍することの繰り返しによって耐震設計法は進歩してきたのである。

3. 初期の地震動観測と運転規制

走行する列車に対する地震対策として、地震計で一定値以上の地震動を検知した場合に列車を自動的にかつ速やかに停止させるシステムはアイデアとしては早くからあったが、東海道新幹線建設時点において具体的な計画が策定されていなかった。そこへ開業を目前

にした1964年6月16日にマグニチュード7.5の新潟地震が発生し、これを受けて大慌てで地震時に新幹線列車を自動的に停止させるシステム「対震列車防護装置」の導入が決定された。

開業時点においては、地震動の検知と連動して変電所から列車へのき電を停止する機能を有する制御用地震計の設置が間に合わなかったため、暫定的な措置として沿線の保線担当事務所に換算震度階を表示することができる簡易地震計を設置し、震度3以上と思われる地震を検知した場合に駅長ならびに現場機関の長から中央指令への地震感知通告を行い、これを受けて電力指令が全区間の送電を止めることにより列車を停止させる方式であった。列車停止を行ったあとは震度3では70 km/hの添乗巡回（駅間に停止した列車は30 km/hで駅へ収容）、震度4以上の場合は地上巡回を行い安全を確認した後に運転を再開する方式とした。

地震が起こった場合に自動的に列車を停止させる方法としてATC（自動列車制御）を使用する方法と電源を切る方法の二つが検討されたが、最終的には全線25箇所の変電所に設置された制御用感震器により電源を切る方法が採用された。感震器に関しては機械式と電磁式の2種類が試作されたが、最終的には機械式が採用され、地震動の初めの段階でできるだけ早く警報を出すこと、不必要な警報は極力少なくすること、制御用感震器の精度などを勘案して、電源を切る基準となる地震動のしきい値を水平加速度40 galに設定した。この初代対震列車防護装置は東海道新幹線開業からおおよそ1年後の1965年11月から使用開始され、この段階で列車停止の自動化が実現した。

対震列車防護装置は山陽新幹線にも東海道新幹線とほぼ同じものが導入されたが、東北新幹線については対震列車防護システムを考える上での前提条件の違いを考慮した新しいシステムが導入された。このシステムの最大の特徴は沿線に設置された地震計で制御する沿線検知システムと海岸線に設置された地震計で制御する海岸検知システムの二重系で構成されている点である。沿線検知システムは東海道新幹線と同じものであるが、海岸検知システムは東北地方の地震が東海地方よりずっと多く、しかもその震源地は内陸部より沖合のほうが多いため、東北新幹線が内陸部を走るという条件を生かして、太平洋に発生する沖合地震に対して海岸線に配置した地震計でより早く地震波をとらえ列車を制御することをねらったものである。

また海岸検知点の選定にあたっては、太平洋の沖合に発生した被害地震は地震グループごとに相似性、反復性をもっていることを考慮してそのグループ分けさ

れた地震群に対して最も近くその感知点が適当な間隔であるように八戸から三浦半島間で8個所を選んだ。それぞれの感知点は数個所の沿線の変電所などを受け持ち規制することとし、信号は有線で変電所に伝送される。

4. 早期地震警報システム

ここまで述べてきた対震列車防護システムはいずれも地震の主要動（S波）を検知してその大きさにより列車を停止させる方式であったが、その後1970年代からにわかに発生が懸念されるようになった東海地震への対策および列車の高速化への対応として、地震の初期微動（P波）を検知して大きな揺れが到達する前の早い段階で列車を停止させることによって被害を最小限に抑えることを目的とした「早期地震警報システム」の開発が進められるようになった。その結果1992年3月に300系「のぞみ」がそれまでより50 km/h 高い最高速度270 km/hで営業運転開始するのにあわせて第1世代の早期地震警報システムであるユレダス（UrEDAS: Urgent Earthquake Detection and Alarm System）が世界初の実用的な早期地震警報システムとして東海道新幹線に導入された。

初期微動を検知するだけなら単にセンサーの感度の問題であり、今日の技術をもってすれば特に難しくないが、そのたびにスピードと正確な運行が売り物の新幹線を止めて輸送を大混乱に陥れることは許されない。ユレダスが画期的なのは、初期微動到着後の数秒間の波形情報だけでもとづいて地震のマグニチュードと震源位置を即座に推定し、これにもとづいて線路の各地点における地震の影響の大きさを予測して、地震影響が大きく列車を停止させる必要があると判定された範囲のみに対して警報を発するという、一連の処理

を瞬時に行う機能を有し、かつこれらの処理にともなう推定誤りに起因する誤警報の発生頻度を新幹線の高い定時運行の要求に対して許容されるレベルにとどめることに成功した点である。ユレダスとその後継システムは、その後順次東海道新幹線以外の新幹線各線にも導入されるとともに、その地震諸元推定アルゴリズムが2006年より気象庁から配信されるようになった緊急地震速報にも応用されている（図—1）。

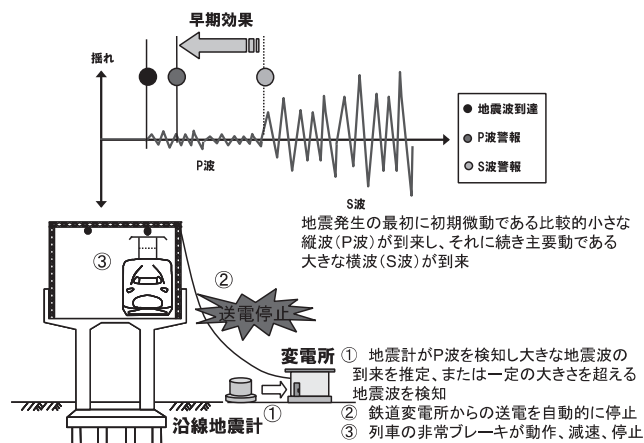
5. 既設構造物の耐震補強

前述のように、東海道新幹線の開業後に東海地震の発生が懸念されるようになったため、これへの対策として1979年から1992年にかけて様々な耐震補強対策が実施された。とくに東海道新幹線の線路全延長に大きな割合を占める盛土式の線路は、その優位性が高架橋に比べて建設費が安価なことにあったが、基本的に土を締固めて積み上げただけの古くから用いられてきた構造形式を踏襲したものであり、壊れやすいが壊れても復旧は容易であるという理由で建設時点では特別な耐震上の配慮がされていなかった。そこで対策必要箇所を絞り込んだ上で鋼製シートパイルを盛土の両サイドに直下の軟弱地盤を貫通して基盤層まで打設し、その頭部をPC鋼棒で線路を横断して両側のシートパイル同士を緊結する「シートパイル締切り工法」を施工して盛土区間の強化を図った。

2009年8月に発生した駿河湾を震源とするマグニチュード6.5、最大震度6弱の地震により東名高速道路の盛土のり面が40 mにわたって崩壊したが、対策済みの東海道新幹線の盛土には目立った被害はなく、この対策工法が盛土本体の形状維持に十分効果があることが実証された。

すでに述べたように1995年の兵庫県南部地震は山陽新幹線の高架橋が柱の剪断破壊によって崩壊するという重大事態を招いたが、たまたま新幹線の営業開始時刻である午前6時より前に発生したため悲劇を免れた。構造物耐震設計技術の変遷の項で触れたように、古い基準で設計されたコンクリート高架橋に剪断破壊の危険があることは、専門家の間ではこの地震の以前から既知であったが、一般には緊急性の高い課題であるとは認識されず、事前に具体的な対策がとられることはなかった。その潜在リスクが、阪神大震災によってあまりにも明白かつ衝撃的な形で顕在化したことで、既設構造物の耐震補強は喫緊の課題として取り上げられるところとなり急速に対策が進んだ。

鉄筋コンクリート高架橋柱に対する耐震補強対策は



図一 早期地震警報システムのしくみ



写真一2 鋼板巻き立て補強工法（重機を用いた施工）

鋼板巻き工（写真一2）が標準工法であるが、駅部付近など高架下空間が店舗や事務所、倉庫等に活用されていて鋼板巻き工を採用することが難しい場合等に対処するため、近年では様々な構造や材料による新工法が開発されている。

6. 脱線対策および逸脱防止

2004年（平成16年）10月23日17時56分頃、新潟県中越地震が発生し、震央に近い浦佐・長岡駅間の滝谷トンネル北側坑口付近を走行中だった上越新幹線東京発新潟行き「とき325号」の7、6号車を除く計8両が脱線した（写真一3）。地震発生当時、同列車は長岡駅への停車のため、約200 km/hに減速して走行中であったが、早期地震検知警報システムによる非常ブレーキが作動し、脱線地点から約1.6 kmの地点で停車した。この事故は、1964年10月1日の東海道新幹線開業以来、新幹線の営業列車では初の脱線事故となったため各種メディアにより「安全神話の崩壊」などと報道がなされ、社会に大きな衝撃を与えたが、



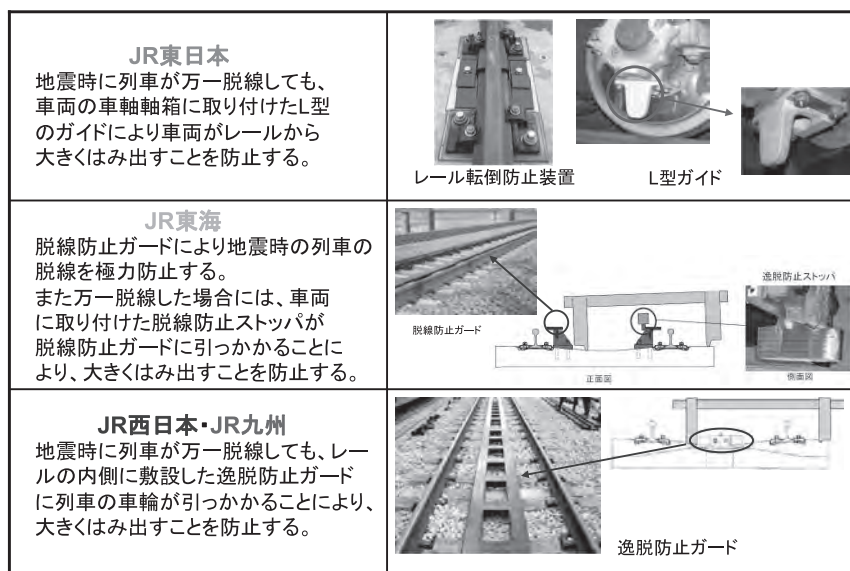
写真一3 新潟県中越地震による上越新幹線列車の脱線

過去の地震対策の積み重ねが奏功したことに数々の幸運が重なり、乗客乗員155人に対し、死者・負傷者は1人も出なかった。

その最も大きい要因として、まず脱線現場付近の高架橋において阪神・淡路大震災をふまえた鋼板巻き工法による耐震補強工事が完了していたため、地震による崩壊を免れたことが挙げられる。鋼板巻き工法による高架橋の耐震補強は、莫大な経費と長い工期が必要であるため、全体的な優先順位を把握しながら計画的に施工される必要があるが、当該箇所の高架橋は、国が示した一般的な基準に加えて、近傍における活断層の有無などの条件を考慮したJR東日本独自の基準にもとづいて優先的に耐震補強が行われていた。

当該列車は、8両が脱線したものの、最後尾車両を除いて軌道を大きく逸脱せず、横転や転覆、高架橋からの転落を免れることによって「ソフトランディング」の状態での停車することができた。この理由として先頭車（10号車）の排障器座金という部品やギアケースと脱線した車輪の側面がレール左右からを挟み込んだ形で脱線したことにより、脱線後も列車前方のレールがガイドの役割を果たして軌道を大きく逸脱せず停止することに貢献したこと、脱線地点がトンネルや高架橋の支柱などに被害が生じた区間ではなくほぼ直線であったこと、対向列車がなく二次事故が起きなかったこと、さらに先頭車以降の車両は脱線した車輪がレールの締結装置を破壊したため走行ガイドを失ったが、最後尾車両が上下線の間にある豪雪地帯特有の排雪溝にはまり込んだまま滑走したおかげで列車編成全体に大きな引張力が働いた状態で停止に至ったため、車両間の連結部がくの字に折れ曲がる「ジャックナイフ現象」を免れたことなどが挙げられる。東海道新幹線のようなマクラギ・バラスト構造の軌道であればこの事故の機序は相当違ったものになっていただろうということは容易に想像できる。

レールに乗っているだけの構造の鉄道車両にきわめて大きな地震動が作用すれば脱線の可能性があることは明白である。しかし、高架橋の剪断破壊の場合と同様、実際に脱線事故が起きてみるまで一般にそれが対策すべき課題として認識されることはなかった。兵庫県南部地震以降、土木構造物の耐震補強が急ピッチで進められたが、2004年新潟県中越地震での新幹線の脱線を受けて巨大地震発生時には鉄道システム全体として減災に努めることの重要性が再認識され、地震時の脱線対策と巨大地震により万が一脱線した場合の逸脱対策が検討された。国土交通省の新幹線脱線対策協議会はその中間とりまとめで、構造物耐震対策、脱線



図一 2 JR 各社の車両脱線対策

対策（地震検知・警報装置の増設及び更新）、逸脱対策を提言した。

さらに具体策として脱線防止ガード、逸脱防止地上ガード及び車両ガード、レール締結装置等の損傷防止策、非常ブレーキの停止距離短縮化、早期地震検知システムの充実が検討され、すでに施工が進んでいる。

JR 各社がそれぞれの設備や輸送状況に合わせて導入を進めている地震時脱線・逸脱対策工の主な例を図一 2 に示す。例えば、JR 東日本が新幹線の全車両に取り付けた L 型車両ガイドは、新潟県中越地震の際に列車が脱線したものの車両部品と車輪がレールを挟み込んでスラブ軌道上からの逸脱防止機能を果たし大きな被害を免れたという現場調査の結果を踏まえて実施された対策である。

7. おわりに

新幹線の地震に対する安全性向上に向けたこれまでの取り組みについて述べた。各種の耐震、脱線・逸脱防止対策技術の開発・導入が順次進められているが、これらとて、もとより完璧なものではなく、システム全体としての安全性をより高い水準に引き上げていくことが求められる。そのためには今後さらに地震被害リスクの的確な目標設定および評価技術にもとづいて弱点箇所を抽出し効率的に対策を実施していくことが重要である。

新幹線に限らず、鉄道は今日一般に最も安全な交通機関のひとつだと考えられているが、歴史を振り返ると、大規模な事故がまれに発生しており、類似の事故を再び発生させないように対策を講じることにより安

全性を維持向上させてきた。地震だけについても、阪神淡路大震災や新潟県中越地震、さらに 2016 年熊本地震前震での新幹線の脱線を経験してつくづく思うのは、起こる可能性のあることはいつかは必ず起こるということであり、かつ、それらに対して事前に対策を打つことの難しさである。つまり、これまでの鉄道防災技術の進歩は、あらかじめ立てた計画に沿ったものというより、想定外の外的事象に対する応答としてのケースバイケースの意思決定の累積によって達成されてきたという側面が強い。そのような意味を込めて、本稿の表題に『進化』という言葉を用いた。今後、温暖化の進行に伴う苛烈気象の頻発や首都圏直下地震が想定される中で求められているのは、これまでのリアクティブ（後追い）な鉄道防災技術を少しでもプロアクティブ（先取り）なものに変えていく取り組みだと考えている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 高井秀之（2011）：新幹線の地震対策 研究開発の経緯と今後の課題，JR gazette, 2011.9
- 2) 山本俊六，佐藤新二（2010）：鉄道における早期地震警報システムの変遷，RRR 2010.3
- 3) 曾根悟（2006）：地震と新幹線の安全性，予防時報 224
- 4) 島村誠（2010）：鉄道防災技術の進化と課題，予防時報 241

〔筆者紹介〕

島村 誠（しまむら まこと）
鉄建建設(株)
顧問





泥水シールド工法創生期

齋藤雅春



第4次中東戦争によるオイルショックが経済混乱を生じ、ようやく沈静化が見え始めた昭和50年に鉄建建設(株)に入社しました。当時の建設業界の技術的背景は、シールド工法の技術革新が急速に進められる環境にあり、私もこの技術革新にどっぷりと身をおく事になりました。

同社では、掘削面の支保は泥水圧力で行う方式を採用することを基本としていたので、泥水シールド工法の基本を論理的に解明しながら技術開発を早急に行う事が緊急の課題でした。従前の手掘りシールド工法や圧気シールド工法では、地盤沈下、切羽崩壊による陥没と言った事故が多く発生していること、また徐々にシールドの断面が大きく成りつつある現状では、泥水の基本を立証することで、安全な泥水シールド工法を確立することが必要不可欠でした。

シールド工法は、これまでに経験がない大断面シールドが要求され始めてきた時代背景の中で、泥水シールド工法を確立していくためには次に示す項目の開発が必要でした。①地質に適合する泥水の基本、②切羽状況を把握できる掘削管理方式、③テールシールの性能向上、④地盤沈下を抑制する裏込め方法。これらの開発に当たっては、これまでシールド工法の発展に寄与された当時上司であった山崎広宣博士の指導のもとで行ないました。

①地質に適合する泥水の基本

泥水シールド工法では地山の保持機構は、泥水を加圧して崩壊や陥没を防止するため、泥水の性状や性質は非常に重要な要素でした。

泥水の比重、地山の支保性能、流体輸送性の最適条件、種々の地層における保持機構の最適な砂分の含有量、泥水を構成する粒径加積曲線、粘性、剪断力、泥膜の形成性、泥水の加圧力を決定することでした。

私にとっては、あまり馴染みのない言葉や理論ばかりで、毎日毎日「なぜ・なぜ」の繰り返しでした。時間の経過とともに徐々に理解できるようになり、苦しいながらも成果に喜びを感じるようになりました。このようにして泥水シールド工法の基本を数値として確立できました。

②切羽状況を把握できる掘削管理方式

次に問題になるのは掘削管理方式でした。掘削管理

は掘削する対象土質が常に変化するため、これまでは掘削した土砂の容積を測定する等の非常にラフで精度が低い方法で管理していました。しかしながら、掘削土砂を流体輸送し、泥水と掘削土を分離する処理を必要とする泥水シールド工法では非常に不向きな掘削管理方法でした。掘削の管理において、地質の変化と掘削による余掘りが地山の崩壊と判別ができること、また掘削中の異常の判断が早期に可能であることが重要な課題でした。そこで、我々は過去の手掘り方式などの掘削管理を分析して地質の変化する状況は断層がない限り連続性があることに着目し、統計処理の手法を用いて掘削1リング内における管理、当該掘削リングデータとそれ以前の掘削データを比較するリング間管理から構成した管理方法を開発しました。

リング内管理は、同一グループのデータを統計処理して、標準偏差 2σ の管理限界線を設定し、瞬時のデータが限界線内で推移しているかを判断する管理です。またリング間管理は、掘削終了後統計手法の一元配置分散分析法を用いて同一地質のグループ化を行い、掘削リングデータの変化率による連続性を判別し、地質の変化か余掘りや崩壊によるものかを判定可能な管理法として完成しました。この管理手法は、対応地質が粘性土から砂礫層まであらゆる地質が変化する日本で初めて直径10mの泥水シールドに適用してその優位性を立証しました。

③テールシールの性能向上

次の課題は、テールシールの信頼性の問題でした。シールド工法では、シールド掘進機と覆工用セグメント間に7cm程度の段差(テールボイド)が存在し、シールド掘進機の方制御を規制しない構造で、この間にテールシールが装備されています。これまでのテールシールは天然ゴム等の素材で、L型形状のものが一般的に使用されていました。しかしながら泥水圧力、地下水の侵入を防ぐ能力及び耐久性に問題があることから、構造、素材を一新した新しいテールシールの開発に着手しました。天然ゴム素材のように一枚で止水する構造ではなく、「萱葺き屋根」のように密集する無数の素材の構成による止水に着目し、萱のような形状の素材としてワイヤー素線を用いることとしました。

開発当初は、いくら実験をやっても、ワイヤーでは止水できないと途方に暮れた時期もありました。いろいろなアイデアを出して、ワイヤー間にステンレスメッシュを挟み、ワイヤーにシュリンク加工を施し波形にすること、ワイヤーに高粘性の油性の顔料を塗布すること、ワイヤーの上下面はステンレスのバネ鋼で防護するアイデア等が実を結び新しいワイヤーブラシが完成しました。ワイヤーブラシの開発は、テールパッキンとして耐久性、地下水圧に対する止水性の向上、裏込め材料の付着による復元性の向上が画期的に改善され、最終的には大深度大断面シールドに対応するため1.5 MPa以上の地下水圧に耐えうる構造・システムを完成したことは、シールド工法の躍進にとって重要な成果を収めました。このワイヤーブラシパッキンの完成は、次の課題である裏込め注入の可能性にも大きく影響しました。

④地盤沈下を抑制する裏込め注入

シールド工法では掘削に伴い、シールド掘進機の余掘り及びテールボイドにおいて地山の応力が一時的に解放され緩みが生じ、時間の経過とともに地盤沈下が発生します。なかでもテールボイドは約7 cm程度あるため大きな地盤沈下につながります。このボイドにできるだけ早い時期に裏込め注入材を充填することが必要になります。まず初めに裏込め材料の開発に着手しました。

裏込め材に「砂糖」を入れろと指示が来て大量の砂糖が送られてきました。我々は意味が解らず何これと呆然。こんなに飲んだら病気になると冗談が出たほどでした。(後で解ったことですが、砂糖を混入するとアルミナシリカゲルがセメント粒子上に生成され、裏込め材が固まらなくなること)誰もこの現象を知らず、無知さ加減に赤面しました。

この発想は、テールボイドが発生する前から固まら

ない裏込め材をテールボイドに充填し加圧することによりテールボイドに起因する地盤沈下を最小限に抑制し、その後方から通常の裏込め材を注入する方法でした。実際の施工では裏込め材の可使時間を調整できる添加剤を使用してテールボイドが発生しないようにセグメントより即時注入する方法で実施工に適応し、裏込めの方法を完成しました。

以上のように泥水シールド工法の創生期では、これまで記述した4項目について理論的に解明しながら、技術開発を行いそして実現場で試行し、改良を施して一つの工法として完成させました。

開発に当たっては挫折をすることも多く苦難の道でした。しかしながら、技術の構成、考え方、技術開発の要領などが徐々に理解できるようになり、新しい技術への挑戦が楽しくなり、自分達で絶対にものにするという強い姿勢でチャレンジしていました。技術開発は、いくつもの失敗や失望、そして五感を研ぎ澄ませ創意工夫が導いてくれる達成感と感激が得られます。これらの技術開発の経験は私の技術者としての人生に非常に大きな影響をもたらしました。

当時開発した泥水の理論、裏込め注入、ワイヤーブラシパッキンなどは現在も多少形を変えて使用されていることから考えると、当時の開発はシールドの発展に寄与していると自負しています。

現在のシールド技術は、直径が16 mと巨大化、また大深度対応で水圧が1 MPa以上の対応、地上から発信、上向きシールドなど多様化し、さらに厳しい施工条件下での施工が要求されてくるとは思います。さらに安全に施工するため、シールドに従事している技術者の皆様には、更なる技術開発をお願いする次第です。

——さいとう まさはる (株)ジェイテック 代表取締役社長——



晴耕雨読の夢？

川村和幸



年を重ねると大変多く生じるであろう余暇（時間）をどの様に過ごすか？ 高齢化社会を迎えた今、自分ごとく平均的な寿命の人間だとしたら、男性の平均寿命 80 歳位迄の約 20 年間の余暇の過ごし方を考える必要がある。今は、平日は勤めに出、週末はゴルフをしたり、ドライブで温泉に行ったり、そこそこ忙しい時間を過ごしている。しかし問題は、1 週間が極端に云うと今の「月月火水木金金」（言い過ぎ？）から将来的に「日曜日×7」となり、丸丸 1 週間が余暇となる時期の過ごし方である。

先日（2017 年 1 月）、日本老年学会等が、高齢者に関する定義の再定義についての提言を行い（準高齢者（65～74）、高齢者（75～89）、超高齢期（90～））、マスコミで報道され話題になっていた。昔に比べて、体力、気力とも大幅に向上した所以との事である。これも高齢化社会の益々の進展がもたらした一つの事象なのだろうが、自分も 80 歳位までは、健康で行けるかも知れない。

表題とした「晴耕雨読」は、かなり昔からわが高齢期の理想の姿である。還暦を少々過ぎたわが身に照らし、その現状並びに準備状況を報告させて頂く。

まず後段の「雨読」だが、50 歳を迎える少し前頃から、仕事上の書類、新聞は何とかなるが、小説等を長時間読むのは苦痛になって来た。何のことは無い、老眼の進行である。若いころ、自分の視力が 2.0 だ 1.5 だと自慢し、近眼の人の眼鏡を掛けねば見えない状況が如何なるものか想像もできなかったのだが…、今は反動がしっかり出てきてしまった。時間が出来たらゆっくり読もうと、好きな歴史小説の全集を揃え（既に購入済）、雨の日はのんびり読書する目論見が狂ってしまった。目が言うことを聞かなくなると、根気が続かなくなって来るものであり、余暇を過ごす上での二本柱のうち一本がかなり怪しくなってきた。

残るは前段の「晴耕」だが、こちらは少しづつ準備を整えて実践している。

義母が札幌から小 1 時間ほどの処（白老町）に居り、

様子を見に行くことが多くなったことから、近所に土地を借り家庭菜園を始めている。

隣町には日本有数の登別温泉が有り、付近は虎杖浜温泉と言い、家庭に温泉風呂を引いているお宅が多数ある。農作業後の汗流しが出来、そして湯治にもなり絶好のポジションである。

私の先輩が、札幌近郊で家庭菜園を楽しんでいることなども大いに刺激になっている。

農業は、全くの素人。子供の頃、親父に畑仕事を手伝わされていたが、如何にして逃げるかしか考えず、何も経験値として残っていない。頼りは、某公共放送局の趣味の園芸「野菜の時間」とテキスト、そして義母の知識のみである。耕作対象物は、種を播くだけなるべく手入れせずに収穫できるもの、この一言に尽きる。

老後に向けて約 10 年ほど前から始めた「素人菜園」の、汗と涙の奮戦記で少しお目汚しをさせていただく。

まず最初に畑（というより隣地との境界付近）に植えたのが、うど（独活）である。灰汁の強い野生の独活、隣の藪にタラの木（タラの芽が採れる）も有るが、そのどこか貴族的なタラの芽より野性的な独活のてんぷらが自分は好きである。独活は作物と言えるかは分からないが、毎春、順調に天麩羅の具材を提供してくれている。

北海道では、ジャガイモを作らずに、農業をやっているとは言えないだろう。男爵イモにまず挑戦である。私の計算では、種イモを植えたら、沢山出てくる芽の「芽欠き」をし、最後に「土寄せ」この主要 2 工程をこなせばそこそこ収穫できる筈である。しかし、毎年虫との戦いとなる中で、しつこく芋づくりに励んでいる。虫は恐らくおけら（螻蛄）だと思われ、芋に掘った様な（ボーリングした様な）穴が多数開けられている。収穫物をご近所に配るが、良い物（穴の開いてない物）を配ると、自分が食するのは穴あきいも。農薬を撒きたくないし、これでも良いかと思っている。一方、なるべく虫に食われない芋を指向する中で、メークインが比較的良さそうだと感触を得ている。此れ

からも研究である。

芋つながりで、薩摩芋にも挑戦してみた。最初の年は、蔓が一杯伸びて喜んでいたら、蔓返して何？（長く伸びた蔓を浮かせて、定期的に地面から引き剥がす事）程度の知識であり、数本取れただろうか？ 苦節？ 年、最高の成果が写真の通りである。



写真—1 薩摩芋と筆者

毎年、頑張って耕作しているのが大蒜（にんにく）である。雪国の秋田が名産地、当地で出来ない筈はない、との思いで作り続けている。分かったことは、一番出来が良かった年は、植え付け前に穴を深く穿ち十分な肥料を入れ、更にしっかり追肥をした時と思われる。作物は正直です。（植え付け前の穴掘りがまた大変で、近年さぼりがち。）収穫の多少はあるが、我が家の食卓の欠かせぬ素材となっている。



写真—2 越冬中のニンニク

旭川の農家が落花生を生産し、マルシェで「茹で落花生」として販売している TV を視た。落花生は千葉県？ 方面と思い込んでいたが、地球温暖化の時代、とうとう北海道でもと感心していた所、ホームセンターで落花生の苗を見つけてしまった。どんな花が咲くのだろう？ 落花してどうなるのだろう？ 苗を売って居るんだから白老でも生るのだろう…と思い、興味津々早速畑に植えてみた。へー黄色い花が咲いた！ なんか紐が地面と繋がっている！ 抜いてみるとちゃんと7～8個の落花生がなっていた。茹でてみたところ、風味も感じられ大変楽しめた！ 来年どうしましょう？

みょうが（茗荷）を書き忘れたら罰が当たりそうである。知識は、東京の茗荷谷はみょうがにちなんだ地名らしいとか、強い日差しを避け林の中で栽培している様子を TV で見た記憶程度である。ご近所から「根？」を頂き、畑に植えてみたところ、毎年そこそこの量（バケツ1つ程度）が収穫できている。林間で育てて居る訳ではないが、土地に合っているのかもしれない。お味噌汁に、酢漬けに、一部は冷凍にしており、大活躍である。

昨年の最新チャレンジは白菜である。野菜の価格の高騰もあり？ 育ててみることにした。種には「90日白菜」などと収穫までの大凡の日数が記されている。今回は8月のお盆前に、大根（大根は、この時期に種蒔きすると良いらしい。前年は遅れて盆過ぎだった所為か、結果は酷かった）と一緒にタイミングで種まきを行った。途中1度追肥を行ったが、上手く出来た玉でも売られて居る白菜の1/3程度の大きさであった。12月の半ば迄、もう少し大きくなれと畑に植えたままに放置し、防寒用に縄で縛ったりしていた。寒気に当たると、自己防衛で甘くなるとの雑学からである。収穫後、物置に新聞紙で包んで置いていたらカチカチに凍っていたが、解凍して食べても柔らかく、意外に美味しい。冷凍が効くのでかみさんの評判も良く、冬の鍋物に重宝している。種蒔き後の90日目目が11月の半ばは、矢張り無理があるのだろう。次回は、早めの種まきで再挑戦である。

豆類では、大豆（枝豆）、モロッコ隠元などに挑戦している。良い年もあり、悪い年もある、天候に影響されることは致し方ない。しかし近年、わが畑は、えぞ鹿との戦いが始まっている。北海道内には数十万頭いるらしいが、わが畑の近隣にも相当数がうろついて



写真—3 防獣柵（鹿避け）

いる。頂いた漁網などで侵入防止柵を作ったりしているが、何回も正面突破されている。当然収穫は見込めず、ビールのおつまみがスーパーから購入の冷凍枝豆に代わってしまっている。その対策が自慢の鹿侵入防

止柵であり、これだけやれば十分の筈だったが、今度はネットをくぐってアライグマか何かが侵入してきているらしい。畑を見に行くたびに、畑の枝豆の一角からドミノ倒しの如くだんだん豆が消えていくのを見るのは悲しい限りである。アライグマ？の侵入防止に向けて戦いの始まったところである。

カラスとの戦い等々、まだまだ話題はあるがこの程度で留めておく。白老と言うところは、夏場日照が少なめで、雨がちな地域である。競走馬の牧場が近くにあるのは、畑作にはあまり適さないためだろう。そのため基本的に畑の豊作は期待できないが、重要なのは楽しむことだろう。好奇心旺盛にいろんな品種に挑み、自分の体力に合わせ耕作し、シカとの戦いに知恵を絞り、おけら（螻蛄）の食べ残しを収穫し、新たな敵の出現に備える。知恵を絞っている限り老けないのではないか、健康寿命を少しでも長くして余暇を楽しみたいものである。

——かわむら かずゆき 荒井建設(株) 副社長（北海道旭川市）——



部 会 報 告

アスファルトプラントの変遷（その9）

機械部会 路盤・舗装機械技術委員会（アスファルトプラント変遷分科会）

1981年（昭和56年）宮崎自動車道全線開通

日工(株)

- ・リサイクルキットを大成道路(株)に納入
 - ・モニタ（コンピュータ）操作盤開発，ガスバーナ制御盤開発
- ともに前田道路(株)に納入
- ・リサイクルユニット1号機 20 t/h を日本道路(株)に納入
 - ・高効率ドライヤシステム販売開始
- バスケットフラインと格子羽根による効率アップ

田中鉄工(株)

DMT ドラムミキシングプラントは，ドラムドライヤ内で連続的に骨材とアスファルトが混合される形式のアスファルトプラントで，大有建設(株)との技術提携により開発された。能力 30 t/h，60 t/h，90 t/h の3種類が標準機種として用意されている。

田中鉄工(株)製初のドラムミキシングプラントを系列会社の興和道路（福岡県）へ納入する。



写真 4-17 ドラムミキシングプラント1号機 (DMT 30 t/h)

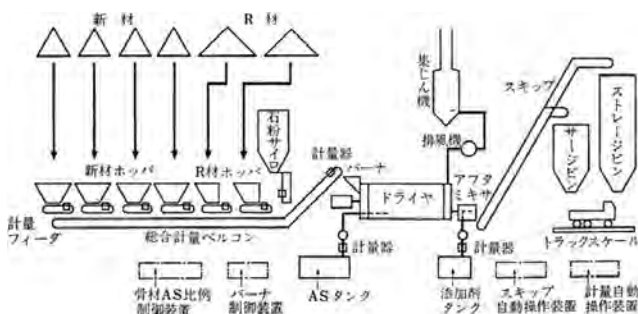


図 4-3 DMT ドラムミキシングプラントのフローシート

1982年（昭和57年）中央自動車道全線開通

東北・上越新幹線開業

田中鉄工(株)

TRD 形リサイクルプラントは，再生骨材をドラムドライヤで乾燥加熱し，従来のバッチプラントのミキサまたは骨材計量槽に供給するプラントで，既設のバッチプラントに簡単に付加設備することができる。加熱した再生骨材をミキサに供給するので，新材との混合割合を 0～100%まで自由に選択できる。

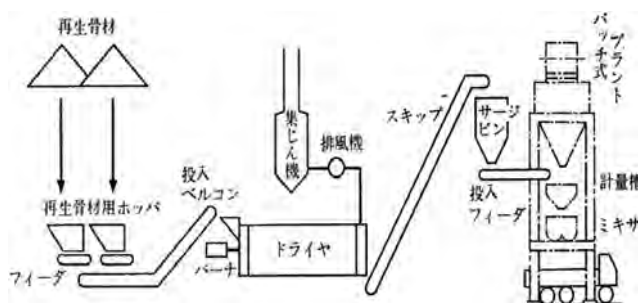


図 4-4 TRD リサイクルプラントのフローシート



写真 4-18 併設型リサイクルプラント
左ドライヤが 30 t/h リサイクル用ドライヤ
右ドライヤが 60 t/h バッチプラント用ドライヤ

日工(株)

- ・リサイクル専用プラント NRP-90 を(株)渡辺組に納入
- ・ガス／オイル兼用バーナ制御盤開発 居垣建設に納入

新型ドラミキを開発・据付する

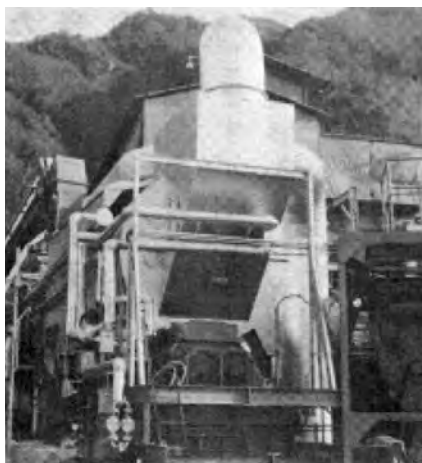


写真 4-19 新型のドラミキプラント

着火シーケンス：プロテクトリレー式

骨材温度制御：NB 制御方式

- ・ 2 分割 DC タンク開発 日本瀝青工業に納入
- 隔膜式レベル計採用
- ・ ガスバーナ製造開始

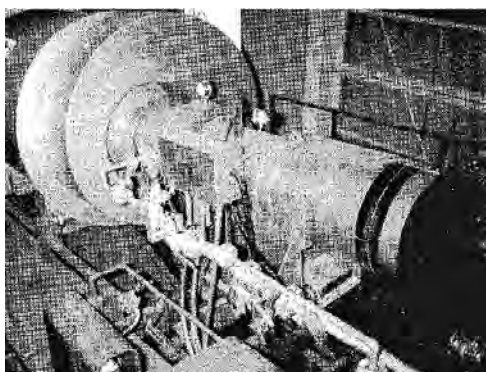


写真 4-20 NBG-1000

1983 年（昭和 58 年） 中国自動車道全線開通
日本舗道(株)



写真 4-21 横浜市 舗装材再生プラント



写真 4-22 バーバーグリーン社製
80 t/h ドラムミキシングプラント 大宮合材工場

日工(株) BonD シリーズ開発

乾式サイクロンをなくし、一次集塵機（慣性集塵機）とバグフィルタを一体構造としてドライヤの上に設置した省エネタイプで、省スペース・省メンテナンス・完全コンピュータ化を図ったプラント（Bag on Dryer）。



写真 4-23 NAP BD-1600

日本建設機械要覧 1983 年（昭和 58 年）版

12.1 アスファルト舗装機械 概説抜粋

表 4-2 アスファルトプラント設置状況

地 区	台 数	生産能力 t/h	1 台当りの 平均能力 t/h
北海道	251	10,488	41.8
東北	265	11,850	44.7
関東	235	14,676	62.5
甲信越	134	6,072	45.3
東海	199	10,200	51.3
近畿	150	7,776	51.8
四国	92	3,885	42.2
北陸	64	3,294	51.5
中国	169	7,245	42.9
九州・沖縄	372	13,368	35.9
全国合計	1,931	88,854	46.0

昭和 56 年 3 月現在 アスファルトプラント設置状況

日本アスファルト合材協会資料より

表 4-3 アスファルトプラント生産台数推移

昭和	48 年	49 年	50 年	51 年	52 年
生産台数	243	172	73	151	126
昭和	53 年	54 年	55 年	56 年	
生産台数	147	142	150	117	

日工(株)

・高効率ドライヤシステム

従来のドライヤは熱効率が70～75%であったが、高効率ドライヤシステムの採用により80%以上の実績が得られている

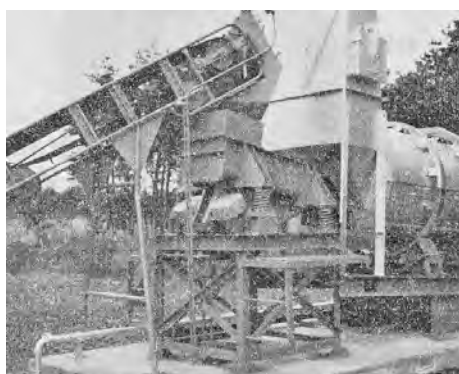


写真 4-24 高効率ドライヤ

・トータルコンピュータ操作盤 コマンド LA 開発
制御形式：マイクロコンピュータによる分散処理
光ファイバーケーブル採用

田中铁工(株)

デュアルドラムは、小ドラムと大ドラムを直列に配置したドライヤで、小ドラムに新骨材を、大ドラムに再生骨材とアスファルトおよび添加剤を投入し、加熱、乾燥、混合する方式である。



写真 4-25 DMT-D50 (50 t/h) デュアルドラム式ドラムミキシングプラント

要覧記載メーカー全 10 社、上記記載以外業者名

昌運工業(株)、酒井重工業(株)、光洋機械産業(株)、(株)新潟鐵工所、東京工機(株)、バーバークリーン (米)、トーマン建機販売(株)、ゼムコインターナショナル(株)

1984 年 (昭和 59 年) 舗装廃材再生利用技術指針(案)
発刊

日工(株)

リサイクルプラント用操作盤 コマンド LR 開発

1985 年 (昭和 60 年) 関越自動車道全線開通

宮城県スパイクタイヤ規制条例成立

広島自動車道全線開通

四国に初めて高速道路が開通

大鳴門橋開通

田中铁工(株)

コンピュータ制御操作盤 ASPUC スピリット完成。

マイクロコンピュータをフル装備活動することによって操作部を CRT2 台とキーボード 1 台に集約し、操作室内にて制御管理を一括して行った。



写真 4-26 コンピュータ制御操作盤 ASPUC スピリット

TAP-LB 型アスファルトプラントの開発

TAP-LB 型と名付けられた開発型アスファルトプラントの L は「LOW-音 バーナ」、B は「Bag フィルター」である。バーナは海外製のものを使用していたが、LB より自社製作品を、湿式集塵装置からバグフィルターを採用した。また、今後増加する合材出荷や環境問題に対応できるように下記の特徴を備えた。

- ①防音パネルが容易に取付けられる
- ②広い足場のため、メンテナンスが容易
- ③篩効率のアップ
- ④本体の改造なしで合材サイロが設置できる



写真 4-27 TAP-1500LB (90 t/h)

建設の機械化 1985 年 1 月号

7.1 アスファルト舗装機械

2. アスファルトプラント 抜粋

2.2 (2) 再生アスファルトプラント

昭和 56 年までに大別して次に示す 4 種類の再生加熱アスファルト混合物（再生合材）の製造方法が試みられた。

- ①所定の粒径に破碎された再生骨材を 100%用い、これを直接加熱、混合して再生合材を製造する方式。
- ②所定の粒度にふるい分けた再生骨材を 70～100%用い、これに新しい骨材およびアスファルト、添加剤等を加え、ドラムミキサで直接加熱、混合して再生合材を製造する方式。
- ③通常のバッチ式アスファルトプラントで新しい合材を製造し、これに並設した装置で再生骨材を直接加熱、混合して再生合材をつくり、両者を所定の割合に計量、ミキサで混合することにより混用合材を製造する方式。
- ④常温の再生骨材 10～30%を計量後、バッチ式アスファルトプラントのミキサへ投入後、新しい骨材、アスファルト等と混合して再生骨材を間接加熱することにより混用合材を製造する方式。

現在では①の方式は小規模に再生合材を製造する場合に用いられ、②の方式は再生合材専用工場向として普及し、③、④の方式は既設の合材工場において再生骨材を混用する場合に利用されている。（中略）今後、舗装廃材の利用が各地方で盛んになるにつれ既設のバッチ式アスファルトプラントを利用した前述の④の方式が普及することが予想される。

（日本舗道㈱ 機械部長 高野 漢氏）

日工㈱

NRU-30 1号機 日本道路㈱に納入

リサイクルユニット用操作盤 コマンド RU 開発

1986 年（昭和 61 年）一般道でのシートベルト着用と原付のヘルメット着用が義務化

㈱新潟鉄工所

再生合材用二重ドライヤ

デュアルモードドラム 「DMD」を発表

1 台のドライヤで、従来の新骨材ドライヤとリサイクルドライヤの 2 つの機能を兼ね備えたリサイクル兼用アスファルトプラントドライヤ。

①低燃費

熱放散が少なく向流式ドライヤであるため熱効率

が高く、再生合材生産も新合材生産と同等の燃費。

②公害対策

ブルースモークの発生がない。

③省スペース

リサイクルプラントを別個に設置する必要がなく通常プラントと同等の設置スペースで再生合材生産が行える。

④構造

外筒の中に内筒を持つ二重ドラム構造で、再生骨材は内筒に供給され、外筒の中間部より排出する。新骨材はバージンモードの場合には、内・外筒に供給され、リサイクルモードの場合には外筒に供給される。骨材の温度制御は、バーナの燃焼量と内・外筒の排気量をダンパコントロールにより調整することにより行われ、適正な合材温度に自動制御される。

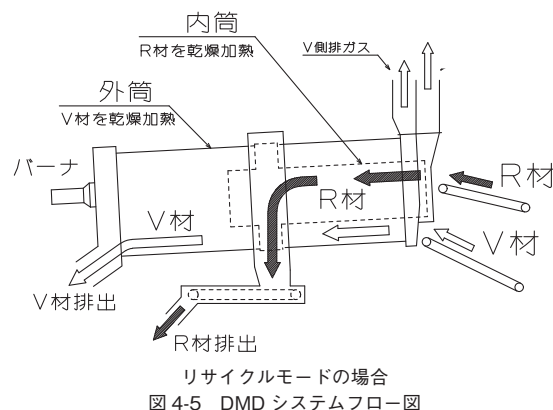


図 4-5 DMD システムフロー図



図 4-6 DMD 透視図

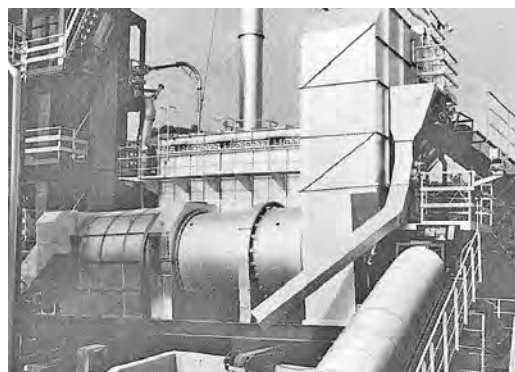


写真 4-28 DMD-1500 型

田中鉄工(株)

多機能搭載型 TAP-E シリーズ開発

バブルの時代を迎え、豪華な装備でリサイクルに対応したアスファルトプラントが求められていた。そこで TAP-E シリーズ (E は Excellent で最高級の意) を発売。

TAP-1520E (ミキサ容量 120 t/h, V ドライヤ能力 90 t/h) を中心に販売した。

- ・混合性能の良い両羽根の大型ミキサを搭載し、駆動部がオイルバス式でメンテナンスフリー
- ・メンテナンス不要のロードセル直吊り式の計量装置
- ・デザイナーによる精悍なデザインの操作盤



写真 4-29 TAP-1520E

要覧記載メーカ全 8 社, 上記記載以外業者名

昌運工業(株), 酒井重工業(株), 光洋機械産業(株), パーバグリーン (米), ゼムコインターナショナル(株), 日工(株)

1987 年 (昭和 62 年) 東北自動車道全線開通

青森～熊本八代間 2000 km 直通化

沖縄自動車道全線開通

近畿自動車道全線開通

関西新国際空港着工 国鉄民営化

1988 年 (昭和 63 年) 北陸自動車道全線開通

瀬戸大橋開通 青函トンネル開通

東北・上越新幹線開業

建設の機械化 1988 年 1 月号

7.1 アスファルト舗装機械

3. 性能, 機構面から見た最近の傾向 抜粋

3.1 アスファルトプラント

我が国のアスファルトプラントは, (中略) バッチ式が主流で, (中略) ドラムミキシングプラントは,

米国において生産高の 90% 以上を占めているにもかかわらず, 我が国では再生アスファルトプラント用として使用されているのみであるが, 生産の合理化を目的としその採用に興味を持たれている。国産機的主要改良事項は次のとおりである。

(1) 熱効率の向上

ドライヤバーナの風量制御, ドラム内のフライト形状と配置, ドライヤから煙突までの煙道の短縮等の大幅な改善, アスファルトの保温, 供給装置の改良など (以下略)

(2) 品質管理の強化とイージーオペレーティング化

…骨材の供給から混合物の出荷までの工程は, すべてカラーグラフィック表示され, オペレータは正確に運転状況を把握することにより, 異常事態に即応し, 品質の低下, 故障等を防止することができる。混合物の配合設定, バッチごとの各材料の計量記録, 製造量の管理等にコンピュータが大幅に利用され, 運転の合理化に役立っている。

(3) 混合物の長期貯蔵と出荷管理

連続運転による燃費の節減と品質の安定化, 夜間, 早朝出荷への対応等を目的とした混合物の長期保存サイロ (主に 48 時間以内貯蔵用) は, 出荷量の多い地域でこの 3 年間に使用数が急増しており, 混合物の劣化防止装置, 自動出荷管理装置, 出荷する混合物の計量装置等が急速に改良され, 混合物の出荷管理, 温度管理がかなり正確に行われるようになったことが, その普及の一因となっている。(以下略)

3.2 再生アスファルトプラント

…50 年代に開発された各種再生アスファルト混合物製造設備は漸次集約されて現在は次の 3 方式が主に使用されている。

(1) ミキサ間接加熱方式

…この方式は通常のアスファルトプラントに再生骨材を計量し, 常温でミキサに供給する装置を付加するもので, 再生骨材はミキサ内で新材とともに加熱, 混合され, この装置は廃材の発生量が少ない場合に適しており, 再生骨材の混用率は最大約 20% である。

(2) 個別加熱方式

…アスファルトプラントに再生骨材を加熱する専用ドライヤ, 加熱した再生混合物をストック, 計量, ミキサへ供給する装置を付加し, 再生骨材は専用ドライヤで加熱した後, 新材で製造された混合物と混合する方式で, 再生骨材の混用率は最大

50%程度である。効率よく再生骨材を加熱することが課題で、二重ドラムドライヤの利用、排気ガスの再利用等が研究されている。

(3) 同時加熱方式

…ドラムドライヤ、立形熱交換機等で新材と再生骨材を同時に加熱し、再生混合物を製造する方式で、再生骨材を主体とし粒度調整を行うための新材を10～15%加えることで所要の品質の混合物を製造できるので、廃材の発生量の多い地域にこの種のプラントが設置される。

以上のとおり再生アスファルトプラントの基本的な構成はほぼ標準化され、アスファルトの劣化を防止しつつ熱効率を高める加熱方式の研究、公害防止のための電気集塵装置の採用等が試みられている。

(日本舗道(株) 機械部長 高野漠氏)

日工(株)

2 in 1 ドライヤ開発

新骨材と再生骨材を1基のドラムで同時に乾燥加熱する向流式のドライヤ。向流式のため熱効率が良く、省スペース設置でメンテが容易です。

ドライヤ方式の違いについて

ドライヤ内を通過するバーナからの熱風と、乾燥させる骨材の流れる方向によって2種類の方式がある。

①向流式

バーナからの熱風と乾燥させる骨材が、互いに向き合って流れる方式。熱風が持つ熱量が新骨材に十分に伝わるため、ドライヤの効率が良い。主に新骨材を乾燥・加熱する場合に用いられる。

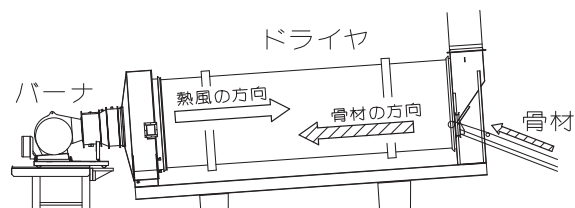


図 4-7 向流式ドライヤ イメージ図

②並流式

バーナからの熱風と乾燥させる骨材が、互いに同方向へ流れる方式。主に再生骨材を乾燥・加熱する場合に用いられる。向流式に比べドライヤ効率は下がるが、再生材の性状を考慮してこの方式が用いられている。

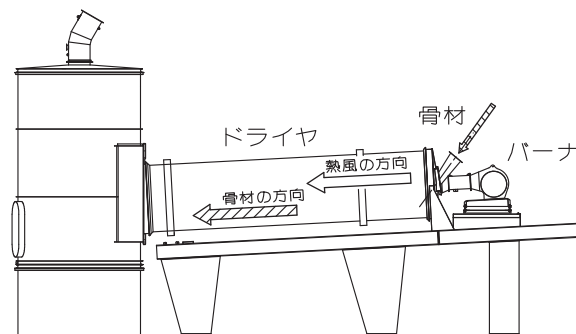


図 4-8 並流式ドライヤ イメージ図

1989 年（平成元年） 横浜ベイブリッジ開通

日本建設機械要覧 1989 年（平成元年）版

13.1 アスファルトプラント 概説抜粋

概説

…アスファルトプラントは、設置に関して環境問題その他の規制が厳しくなり、一方、近代化が進み、時代の変化に対応すべく、アスファルトプラントの構造、機能が大きな変化をもたらしてきた。変化の状況を目的別に分類すると、

①公害

アスファルトプラントを稼動することにより発生する騒音、大気汚染、粉塵、水質汚濁をいかに防止し、規制内に抑えるかで、低騒音のバーナの開発、重油から灯油、ガスへの変換、集塵機としてバグフィルタの設置によってクリアするための努力がなされている。

②アスファルトプラントの定置化

最近では高速自動車道など大規模舗装工事用以外はすべて常設工場化している。合材の供給形態も自社使用から他社への販売、すなわち合材販売に変化してきており、全国ベースで合材販売は54%に達している。（中略）わが国独特なニーズである多品種少量生産に対する機能が今後の大きな課題である。これに対応するため、大容量ホットビン、合材サイロの普及がなされている。

③省エネ、省人化など合理化、近代化

合材のコストダウンを図るため省エネ、省人化などがアスファルトプラント機能への要求である。（以下略）

1. 種類

アスファルトプラントは、大別するとバッチ式と連続式になる。わが国では、多種類のアスファルト混合物の配合切換えが容易な個別計量方式のバッチ式が主流になっている。（以下略）

2. 各部構成

アスファルト混合物の製造方式は、各種骨材、フィ

ラー、アスファルト等原料の貯蔵から加熱アスファルト混合物を製造する一貫した流れ作業に必要な計量、温度管理、各種公害対策の組込まれた一連の機構を有している。

(1) 骨材供給装置

骨材ビンからの供給フィーダは、レシプロ、電磁式フィーダなどを経て、最近ではインバータ方式の採用によりベルトフィーダ使用に移行している。(中略) ドライヤの投入口は、コールドエレベータから高速ベルトコンベヤに移行しており、投入口よりの過剰空気の流入防止機構を設けている。

(2) 乾燥加熱装置

バーナは、高圧噴霧式低騒音バーナに定着しており、一般にはオイルバーナが使用されているが、LPG、都市ガスの使用例もある。ドライヤは省エネ対策として高効率ドライヤを指向している。(中略) 排ガスの一部、ドライヤの放散熱、ミキシングタワーからのスカベンジングを回収し、燃焼用エアに還元使用する装置、さらに燃焼量に応じた排風量が得られるよう排風機ダンパを自動制御する方式、インバータによる排風機の回転数を制御する方式も実用化されている。(中略) ドライヤの駆動方式は、従来のギヤ駆動からフリクション駆動に移行し、動力の伝達の円滑化、メンテナンスも容易になっている。

(3) 集塵装置

集塵システムは、乾式サイクロンとバグフィルタの組合せによる装置であるが、最近では慣性集塵機またはシングルサイクロンとバグフィルタの一体構造化の傾向にあって、設置スペースの低減を図っている。(以下略)

(4) 本体装置

アスファルトプラント本体は、従来の開放型からシェルタを取付け全面を囲う構造に移行している。(以下略)

(5) 運転装置

従来の操作盤はメータ、ランプ類による監視に対してコンピュータの導入により、画面に必要な情報をすべて表示し監視制御を行うものが主流となっている。(中略) 最近コンピュータ機構を最大限に利用するため、運転操作に限定されることなく適用範囲が拡大され、日報、月報、出荷伝票の発行の事務処理、プラント試験室のデータ処理、故障診断など実用化されていることから、今後工場としてのトータルシステム化が推進される傾向にある。

(6) アスファルト貯蔵タンク

…加熱装置には、加熱媒体油による間接加熱方式や電熱方式等があり、自動化されている。(以下略)

(7) 合材サイロ

合材サイロは、集中出荷時への対応(瞬発力の向上)、プラント連続運転が可能になり、燃費の節減、夜間早朝出荷時の騒音の解消、ダンプトラックの回転率の向上による作業効率アップ、人件費の削減、公害対策を目的として設置されている。最近では、合販の推進に伴い、合販プラントは必要不可欠な設備として著しい進展をとげている。より効率化するため複数のサイロの設置事例、工場と離れた場所にサイロだけを設置するサテライト方式のものも採用されている。(以下略)

3. 最近の動向

アスファルトプラントは、省資源、省力化、省熟練化、公害防止等重要な課題に取り組んで技術的に進展するとともに、コンピュータの導入による無人化、品質管理のための自動化等技術革新に努力がなされ、アスファルト混合物の品質の向上とコストダウンが図られている。

日工(株)

アスファルトプラント BIG TOP シリーズ

BonD シリーズの一環で、ホットピンを標準より大容量にしたもので、骨材の乾燥、加熱、貯蔵までの機能と計量、混練りの機能を分離し、合販プラントで求められる多品種な合材を迅速に製造できるプラントをめざしたものである。



写真 4-30 NAP BT-2000AB

田中鉄工(株)

直接燃焼式脱臭炉販売

リサイクルプラントの稼働率があがるとともに、リサイクルプラントの環境対策も求められるようになった。業界に先駆け、リサイクルドライヤの排ガスを脱



写真 4-31 TEC-R 型脱臭設備

臭炉で燃焼させ臭気のもとを熱分解する直接燃焼式脱臭炉を開発、販売した。

電子制御 ASPUC システム

コンピュータ制御システムを標準装備しており、自動順序起動停止、自己診断、5 台先までの異種配合の予約設定、その他多くの機能を備えて、運転操作に要する人力は最小限となっている。アスファルトプラント、リサイクルプラントが一式となって販売されることが多かったため、ニーズに応え 1 台でプラント本体操作、リサイクルプラント操作、動力操作を可能にした。合材サイロ盤と合わせて 2.5 m 以内でコンパクトに設置可能になった。



写真 4-32 ASPUC 優 2001

要覧記載メーカー全 8 社、上記記載以外業者名

光洋機械産業(株)、昌運工業(株)、ゼムコインタナショナル(株)、バーバーグリーン(米)、酒井重工業(株)、(株)新潟鉄工所

1990 年(平成 2 年) 軽自動車の規格改正

(550 cc ⇒ 660 cc)

国内でのスパイクタイヤ製造中止

日工(株)

都市型アスファルトプラント MEGA-TOP 発表
NAP3000 + NRU60 及び集塵装置を一体型で構成するアスコン工場をめざした BIG TOP シリーズの集大成版。



写真 4-33 MEGA-TOP 南大阪アスコンに納入

J C M A

部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 1/WG 5 (ISO 5006 土工機械—運転員の視野)
2016 年 4 月ドイツ・アウグスブルグ市 国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家 (Expert) 大本 康隆 (コベルコ建機)

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) 傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 1/WG 5 (ISO 5006 土工機械—運転員の視野 改正) SC 2 とのジョイント作業グループ会議が 2016 年 4 月にドイツ国アウグスブルグ市で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家 (Expert) として出席した大本康隆氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2016 年 4 月 6 日
- 2 開催地：ドイツ国アウグスブルグ市
STEIGENBERGER DREI MOHREN
- 3 出席者：21 名 及び WebEx 参加 6 名
米国 (ANSI) コンビナー兼プロジェクトリーダー (PL) 他 5 名 及び WebEx 参加 1 名
フランス (AFNOR) 3 名
英国 (BSI) 2 名
ドイツ (DIN) 4 名
イタリア (UNI) 1 名
スウェーデン (SIS) 1 名
日本 (JISC) 4 名 及び WebEx 参加 5 名

4 会議概要：

4.1 概要

会議で決定された大きな変更点は下記の 3 項目である。

1) 大型機のリスクアセスメント

これまでは試験が免除されていた大型機 (油圧ショベルでは 40 t 超) も試験が必須 (shall) となった。これまでは対象外であった 45 t 機種 (> 40 t) も試験の対象となる。⇒ 4.3 2) 参照
ただし、従来の対象機同様に実機試験をシミュレーションに代えて行うことが可能。

2) ミラーの配置位置

運転席の後方にミラーを置くことは認められる。ただし、Rectangular Boundary と Visibility test circle の確認のために用いてはならない。後方のミラーを廃止する必要はなくなる。ただし、RB と Visibility test circle の視認性評価には用いることはできない。⇒ 4.3 3) 参照

3) ミラーに写る像の規定

現行ミラーの曲率規定に戻すこと (日本提案) は認められない (Not Accepted)。Full Revision 時に再検討する。現行案の像の高さの測定を行うことが必須となる。⇒ 4.3 9) 参照

4.2 今後の日程

以下の内容が会議スクリーン上で示された。

plan the sequence of the next steps in the process to publication.

- ・ Information ADCO meets 26-27 April 2016 - CEN/TC 151 WG 17-19 May
- ・ Complete Comment form
- ・ Update N 72 document appropriately
- ・ Circulate to the Working Group - This is to verify comment form answers and changes in the draft to reflect comments.
- ・ Comment form and updated draft to WG by 1 May
- ・ Feedback on resolution of Editorial comments by 1 June
- ・ Resolution to be taken to proceed to publication to be launched by 7 Jun by one month Committee Internal Ballot.

- 1) EU 委員会の諮問機関である ADCO の会合を 4 月末に開催する。[EU 委員会の Warning 撤回を審議?]
- 2) CEN/TC 151 WG 会合を 5 月中旬に開催する。[EN474-1 改訂を担当]
- 3) 今回の WG の審議結果を反映した各国コメントへの回答の作成は 5 月初めまでに行う。
- 4) 回答に対する各国からの Feedback は 6 月初めまでに行う。
- 5) CIB 準備期間は～6 月初旬とする。
- 6) 規格発行に関する ISO 委員会の投票 (Committee Internal Ballot) の期間は 1 ヶ月 (～7 月初め) その後の日程の見通しは次の通り
- 7) ISO5006:2016 発行 2016 年 10 月
- 8) Official Journal への掲載は最短で 2017 年 6 月
- 9) EN/ISO 規格の効力発生が 2017 年 9 月

4.3 会議詳細

1) ドイツ意見

- ・270°に限定する項目については今後の改訂とすべき
- ・ブーム姿勢走行姿勢から可能な限り下げること
- ・visibility map を定義して設けるべき
⇒今後の検討項目とする

2) ドイツ：10.4 の大型機でも試験が義務付けられた (shall) (表—1)。

判定基準については今後説明を追加する。

Table 2 は最終的に含まれることになった。

また、9.2 項から大型機の場合でも、従来の対象機同様に実機試験をシミュレーションに代えて行うことが可能。

ただし Scope では“can”であり、矛盾の可能性あり。

〈DIS〉

1 Scope

This International Standard specifies a static test

method for determining and evaluating the operator's visibility on a rectangular 1 m boundary around the machine and on a 12 m visibility test circle.

This International Standard applies to the earth-moving machines as defined in ISO 6165 that have a specific seated operator's position. It provides visibility performance criteria for machines up to a maximum operating mass (see ISO 6016) depending on the type of machine family (see Table 1).

For machines not listed in Table 1, including larger machines, derivative earth-moving machines and other types of earth-moving machines, the visibility test procedures *can be* used along with the risk assessment process defined in the clause 10.4.

3) 日本意見

運転席の後方に地面を見るためのミラーを設置しても良い。ただし、RB 確認に使ってはならない (表—2)。

表—1

Item number	Subclass	Figure/Table	Type of comment	Comments	Proposed change	Observations of the secretariat
				For machines that are not included in Table 1 due to their machine mass (i.e. larger mass), the manufacturer shall apply the tests and follow criteria as specified in this International Standard for the highest specified category of machine mass in the respective machine family and for those machines that do not meet the criteria, the manufacturer shall perform a risk assessment according to clause 10.4.3 to define the areas around the machine that need to be viewed by the operator and provide visibility aids if necessary to view these areas. Modify 10.4.2 For other types of earth-moving machines (including a combination of machine families from ISO 6165) or derivative earth-moving machines that are not included in Table 1, the manufacturer shall apply the tests and criteria as specified in this International Standard. For those machines, the criteria for the most similar machine type(s) (considering design and use) from Table 1 should be used. If it is not possible for those machines to meet the criteria, the manufacturer shall perform a risk assessment according to	For machines that are not included in Table 1 and Table 2 due to their machine mass (i.e. larger mass), the manufacturer shall apply the tests as specified in this International Standard for the highest specified category of machine mass in the respective machine family.	See modified text. NOTE: Language is already implying criteria from Table 1 and Table 2 need to be considered. Adding Table 2 to the language clarifies this and is considered editorial. 10.4.2 needs to be clarified as well.

表—2

JP 154	7.2	1 st and 2 nd para.	ad.	A certain minimal swing radius excavator (MSRX) or minimal tail swing radius excavator (MTRX) is equipped with (a) surveillance mirror(s) behind the operator (on the rear end of the machine counterweight or stayed from the operator cab or canopy back side) so that	(Make further investigation as to effectiveness of a mirror behind the operator.)	Noted: A mirror cannot be used to address the risks due to visibility on the rear rectangular boundary or visibility circle. However, if the
--------	-----	---	-----	--	---	--

1. MB = Member body; NC = National Committee (under the ISO 15910 two-letter country code, e.g. TN for China); comments from the ISO/TC editing unit are identified by "2".

2. Type of comment: *gt* = general; *tec* = technical; *ad* = editorial

Page 12 of 51

Comments on ISO/DIS 5006:2016

Date: 2015-04-05

Document:

Project:

MB/NC	Line number	Class/Subclass	Paragraph/Figure/Table	Type of comment	Comments	Proposed change	Observations of the secretariat
					the operator, looking back, can get visibility to the ground around the machine rear end. This mirror layout is accepted in the market as the appropriate safety measure.		mirror is used to see the ground, it is not forbidden by this standard provided the criteria above is met.

- 4) スウェーデン：RB の範囲を明確化する。Figure 3 に説明を追加する（表—3）。
- 5) 英国：RB と 12m 円上の間の領域の評価方法について，Full Revision で行う（表—4）。
- 6) 日本：7.2 の表現：日本が図を用意して見直し文を提案する（表—5）。
- 7) 米国：リンケージの動きの表現を見直す（表—6）。
- 8) スウェーデン：RB の説明の分割を提案，却下された（表—7）。
- 9) 日本：現行のミラーでの曲率規定に戻す提案は却下され，Full Revision に回す。
確認の方法はシミュレーション，実機計測ともに可とするとの PL 見解。ただし，実際の試験方法について議論あり。計測方法は全面改定時に再検討する事となった（表—8）。
- 10) 英国：7.1 項の説明を変更する（表—9）。
- 11) 英国：10.2 項の説明を変更する（表—10）。

表—3

SE 001 014			Table 2	la	For some machine types the requirements for left and right side differ from the rear. Then it is not clear if the part of the rectangular boundary on the side (indicated in red) of the machine that is rear of the machine should fulfil the requirements for side or for rear. (For Graders we have the same question for the front part of RB.)	Clarify in the text that the red indicated part of the rectangular boundary rear of the machine, belong to the side requirements.	Additions of Front, Left side, right sides and rear rectangular boundary will be added Figure 3 to clarify
------------------	--	--	---------	----	--	---	--

表—4

UK 261		Scope		la	It should be made clear what the limitations/shortcomings are with this standard and that there may be remaining areas of restricted visibility.	Add the following Compliance with the performance requirements in this standard will not eliminate all of the risks associated with visibility. In particular, it does not specifically consider the gap between the RB and test circle. There may be areas of restricted visibility/maskings for some machine types in these areas.	Noted: There was discussion on whether this should be Scope or Intro, however, the depth of discussion needed on this topic requires it to be addressed during the full revision.
-----------	--	-------	--	----	--	---	---

表—5

JP 156		7.2	2 nd para, 2 nd	ad	The text is felt not easy to understand for design or test engineers not of English	Use easier English for those not of English mother tongue.	Accepted in principle, JP to provide a new figure to clarify the
-----------	--	-----	---------------------------------------	----	---	--	--

1. MB = Member body / NC = National Committee (under the ISO 3165 two-letter country code, e.g. CN for China, comments from the ISO/TC5 meeting and are identified by **)

2. Type of comment: ga = general la = technical ad = editorial

Page 53 of 53

Comments on ISO/DIS 5006:2016

Date 2016-04-05

Document:

Project:

MB/NC ¹	Line number	Clause/Subclause	Paragraph/Figure/Table	Type of comment ²	Comments	Proposed change	Observations of the secretariat
			sentence		mother tongue.		language. See other comments to improve the language.

表—6

US 220		8.3.3.3	2nd paragraph	Ed	The text from "Starting with the linkage" through the closing "...are masked" needs to be reworded and re-punctuated. As written, the text is nearly impossible to follow and understand.	Starting with the linkage in the travel position, the boom shall be manipulated through a range of motion that keeps the bucket above ground level. Either of the following may be used to determine if visibility aids for the side of the machine opposite from the operator (e.g. on the other side of a moving linkage from the side the operator is on) are masked: — a computer simulation using the eye spacing of 405 mm with the light bar perpendicular to the visibility aids being evaluated, — an operator in the seat with the eye point at the same height as the FPCP.	Accepted
-----------	--	---------	---------------	----	---	---	----------

表—7

SE 003 025		07.03			The text in chapter 7.3 are proposed to be divided into 2 chapters, one for RB and one for VTC to clarify definition. As I interpret this text the main part only apply to rectangular boundary. Clarifies that object size in mirror shall only apply to rectangular boundary. This is how I interpret it. Otherwise I think it can be difficult to measure the exact size in mirror. In reality I think this will be hard to follow and I expect the measurement uncertainty to be quite high and differs a lot. But it could serve as a estimation more or less. I would be easier if there was a described method for this. In a computer its easy if its possible, but if you do it in reality its quite hard to get a reliable measured result.	7.3 Mirrors used to meet the visibility criteria 7.3.1 Rectangular boundary For indirect visibility with mirrors, the height of the reflection of a 1.5 m test object in the mirror shall be at least 7 mm for every 1.2 m that the mirror is positioned away from the operator's eye point (filament position <u>centre</u>-point). As an example, the reflection of a 1.5 m test object shall be at least 28 mm for a 4.8 m from the operator's filament position <u>centre</u>-point. This evaluation may be done either by physical testing, simulation, or calculation. This evaluation	Not accepted – Language in this comment field to expanding the visual aid performance applies equally at RB and VTC.
------------------	--	-------	--	--	--	--	--

表—8

JP 165		7.3	1 st para.	E4 / Ia	Necessary measurement for the 1st sentence requirement, 7 mm for every 1.2 m is not easy to be achieved. We would like previous criteria be available as an alternative one	(After the 1st para., add as follows) "Alternatively, performance criteria for mirrors maybe as follows: For indirect visibility to the visibility test circle, mirrors shall have a convex radius of curvature of 300 mm. For indirect visibility to the rectangular 1 m boundary around the machine, mirrors shall have at least a convex radius of curvature as follows: – 200 mm radius for up to 2,5 m from filament position <u>centre</u> point; – 300 mm radius for up to 3,5 m from filament position <u>centre</u> point; – 400 mm radius for up to 5 m from filament position <u>centre</u> point."	Not accepted: - This was one of the key objections on issues with Visibility. Adding the spherical mirrors back at this time will be a problem, even if it is easier to measure. I believe this needs to be studied in the full revision after people have had experience meeting the new requirement intended to drive flatter mirrors.]
-----------	--	-----	-----------------------	-------------------------------	--	--	--

表—9

UK 151		7.1	Visibility aids - 1st sentence	Ia Ed	In designing machines to address visibility, direct visibility is preferred. Insufficient emphasis to this requirement- a machine with ZERO direct visibility would conform to this statement. The requirements should be expressed as a hierarchy of design measures.	Change title and content: 7.1 Hierarchy of design measures In designing machinery direct visibility shall first be maximised. Visibility aids shall be added where there is insufficient direct visibility to meet the performance requirements in this International Standard.	Accepted – this is a clarification to provide better guidance.]
-----------	--	-----	--------------------------------	------------------	---	--	--

表—10

UK 039		10.2	2nd para.	Ia	Recommendations shall be made if they are attached using a quick coupler. Over-emphasis has (potentially) diluted the requirement for machines without a quick coupler. Statement reads: 1) Attachments not attached using a quick coupler, therefore, MAY travel and 2) No recommendation is required unless attached using a QC	Delete statement in brackets. Recommendations apply to ALL machines, whether fitted with a QC or not.	Accepted in principle – strike language in parentheses and highlighted.]
-----------	--	------	-----------	---------------	---	---	---

部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 1/WG 5 (ISO 5006 土工機械—運転員の視野)
2016 年 6 月英国・ロンドン市 国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家 (Expert) 間宮 崇幸 (コマツ)

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) 傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 1/WG 5 (ISO 5006 土工機械—運転員の視野 改正) 作業グループ会議が 2016 年 6 月に英国ロンドン市で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家 (Expert) として出席した間宮崇幸氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2016 年 6 月 22 ～ 24 日
- 2 開催地：英国 ロンドン市 英国規格協会 (BSI) 512 会議室
- 3 出席者：21 名 及び WebEx 参加 2 名
 米国 (ANSI) コンビナー兼プロジェクトリーダー (PL) 他 5 名 及び WebEx 参加 1 名
 フランス (AFNOR) 2 名
 英国 (BSI) 6 名 及び WebEx 参加 1 名
 ドイツ (DIN) 3 名
 イタリア (UNI) 1 名
 スウェーデン (SIS) 1 名
 チェコ (UNMZ) 1 名
 日本 (JISC) 1 名
- 4 会議概要：

● 5 点要求に基づく改正の進捗状況報告

2016/6/22 N 81 (PDF 版) ではソフトウェアの違いにより PL が意図したような修正が反映されていないため、改めて最終版として N 82 (Word 版) が送付された。

大型機械及び ISO 6165 で定義される全ての土工機械、派生機械についても、N82 の表 1, 2 に基づいた試験と性能基準が求められる見込み。

N 82 を基に、FDIS スキップ可否の CIB 投票を実施する。

● TC 195 (建設用機械及び装置) の視界性規格 新規作成

2016/6/20-21 TC 195 機械に関する視界性規格を新規に作成する WG が開催された。

視界性に対するライト (リバーライト, ワークライト) の影響について、議論があったことが報告された。

● 今回のフル改正に対する論議

今回の WG は、NWIP 前の Ad-hoc グループとの位置づけで、Scope をどうするかを考える。

フル改正に盛り込まれる主な方針は以下の通り。

- ・油圧ショベルの後方ミラー例外規定 (270° まで可) を削除し、ミラーとモニターはオペレータの前方 180° のみに配置する
- ・動的評価 (Dynamic Motion, 機種毎の移動速度等) の考え方を基本にする
- ・各セクターを見るための目の間隔を見直す
- ・座席基準点 (SIP) について、小柄オペレータのシート調整の影響や、立ち乗り機の場合も検討する
- ・現行の近接 (1 mRB) と遠方 (12 mVTC) だけでなく、その中間も見ようという要求に変更する
- ・リスクはマシンタイプや大きさ、速度により異なるため、性能要求基準についてはクラス分けを行う
- ・重量上限は撤廃する
- ・1 mRB の例外規定 (アーティキュレートダンプ前方とグレーダー後方) を削除する
- ・視界性マップの作成
- ・対象機種の追加 (パイプレーヤ?)
- ・他の ISO (ISO 14401 など) で規定しているリスクエリアとの整合性をどうとるか検討する
- ・リップヤスノープラウがついた時の視界性をどう評価するか検討する
- ・各機種のリスクゾーン (ハザードゾーン) を、機械の形状やサイズ、動き方から個別に規定する

● 研究結果紹介

大型機械の取扱について

イギリス HSE (HSL) が、大型リジッドダンプの走行軌跡を想定したリスクエリアの検討結果を紹介した。CAT 製 777F を例に、24 m VTC の中で

- ・機械が動きうる範囲
- ・見える範囲 (直接視界, 間接視界 (ミラー, カメラ))
- ・重ね合わせた結果残留するリスクエリア (機械が動きうるが見えない範囲)

を説明した。

油圧ショベルオペレータの視線について

ドイツ BG BAU が、油圧ショベルのオペレータが旋回積み込みなど様々な動作の際に、どこを見ているかの調査結果報告があった。旋回中は 90% 以上作業機を確認しているが、右側ミラーは 1% も見られていなかった。

各機種のリスクゾーン（ハザードゾーン）について

以下の機種について、走行時（機種により、最もアーティキュレートした時、最もステアリングをきった時、履帯式は超信地旋回時）と油圧ショベルの旋回動作時に、車体が行きうるハザードエリアを確認した。

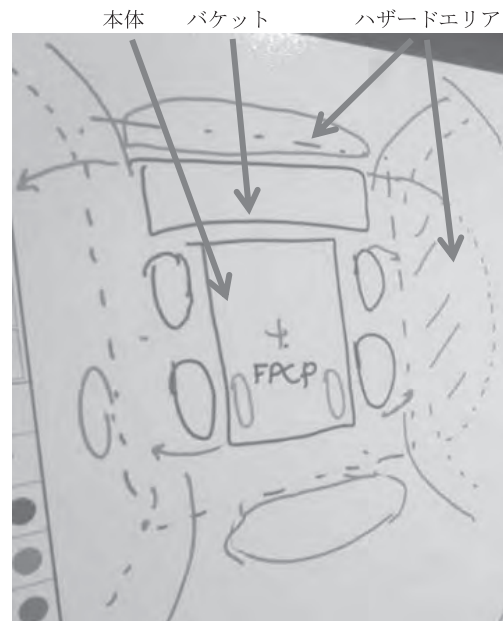
- ・ドーザ
- ・ローダ（スキッドステアローダ（図—1）、ホイールローダ）
- ・ショベル（車輪式、履帯式、前方ブーム、側方ブーム、法面作業）
- ・アーティキュレートダンパ
- ・リジッドフレームダンパ
- ・グレーダ

5 今後の日程：

●次回フル改正 WG の予定

2016 年 11 月中旬に、2 日間開催（11/16-11/17 の見込み）。

実機の動きを確認するため、場所はチェコ（斗山／Bobcat）又はフランス（CAT）。



図—1 スキッドステアローダの例

所感

本 WG 会議期間（6/22-24）と英国の EU 離脱国民投票日（6/23）が重なり、改めて、

- ・雰囲気流されず、事実のみに基づいた判断
- ・きちんと意見を述べる事、投票することの重要性
- ・異なる意見間の調整の難しさ
- ・規格（ISO, EN）に関しても、英国の EU 離脱が及ぼす影響の大きさを実感した。

部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 1/WG 5 (ISO 5006 土工機械—運転員の視野)
2017 年 3 月米国・ラスベガス市 国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家 (Expert) 大本 康隆 (コベルコ建機)

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) 傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 1/WG 5 (ISO 5006 土工機械—運転員の視野 改正) 作業グループ会議が 2017 年 3 月に米国ラスベガス市で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家 (Expert) として出席した大本康隆氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2017 年 3 月 9, 10 日
- 2 開催地：米国ネバダ州ラスベガス市 Las Vegas Convention and Visitor Authority, Conference Room N120
- 3 出席者：18 名 及び WebEx 参加 1 名
米国 (ANSI) コンビナー兼プロジェクトリーダー (PL) 他 7 名
ドイツ (DIN) 2 名
英国 (BSI) 3 名 及び WebEx 参加 1 名
フランス (AFNOR) 2 名
日本 (JISC) 3 名

4 会議概要：

4.1 決定事項

今回の国際 WG では、ISO 5006 の改訂作業についての基本方針として、下記アウトラインが決定された。

- ・リスク領域に基づく分析を行う。
 - ・実機試験が可能であること。
 - ・コンピュータベースの試験が可能であること。
 - ・反応時間と停止距離によってリスク領域の長さを設定する。リスク領域の端部はステアリング角度によって決められる。
 - ・動き出し時の (評価の) ために 1 m RB は残す。
 - ・道路を走行可能な機械の法への適合のために、12 m 円や A, B, C 領域を規格から無くさない要求がある。
 - ・ユーザーが適切な現場管理組織を作成できるように、残存リスクの伝達に関するより明確な指針があるべきか。
 - ・歩行者に残存リスクを伝える指針があるべきか。
- 国際 WG の場で提示された上記アウトラインの原

文は下記の通り。

- ・ Risk zone based analysis
- ・ Physical test provision will still be possible
- ・ A computer-based test shall be possible
- ・ Establish the length of the risk zone via reaction time and stopping distance - the edges of the risk zone are driven by the steering angle
- ・ Respect the 1m RB for initial move off
- ・ There is some desire for roadable machines not to throw away 12m circle and Sector A, B, C as they are required for roading homologation
- ・ Should there be more definitive guidance on communicating residual risk such that users can create appropriate jobsite organization
- ・ Should there be guidance on communicating residual risk to pedestrians

4.2 今後の日程予定

次回国際 WG の日程は未決定。2017 年 10 月頃の見込み。

4.3 会議詳細

3 月 9 日と 10 日の 2 日間にわたって開催された。

CONEXPO 2017 が開催されている会場内で国際 WG が開催されたことから、両日ともに 12:00 ~ 14:30 の間に CONEXPO 展示機を見て回る時間が設けられた。

4.3.1 第 1 日目

1) ISO 5006 小改訂について

ISO 5006 小改訂の FDIS 投票結果についてコンビナーより報告が行われた。

17 票中オーストリアを除く 16 票賛成の結果。各国より 9 ページにわたるコメントが提出された。editorial コメントのみ受け入れて、早期に発行の見込み。発行時期はコンビナーにも不明とのこと。

ただし、8.3 項のミラーがアタッチメントによって隠れない事を確認する手順を下記の通り、

「Starting with the linkage in the travel position, the ×boom ○linkage shall be manipulated

through the range of motion that keeps the bucket above ground level.」

と boom ではなく linkage を動かす様に変更する US の Technical コメントに対して、
「CMC Note - this is how the CEN Ad hoc Visibility group is interpreting for the EN 474-1 revision」

とのコメントが追記されていることの説明がコンビナーよりあった。EN474-1 に対する改訂時期をコンビナーに確認したところ、確実なことは分らないが改訂される EN474-1 は Amendment 5 ではなく、Full Revision ではないかとのコメントであった。

2) CEN Ad-hoc グループ活動について

2017 年 1 月に行われた CEN Ad-hoc グループの会合の議事録および議事録添付資料

- ・ Appendix 5 : Position of the BG BAU and KAN to the current editing state of EN 474 and ISO 5006
- ・ Appendix 1 : Utilization of visibility aids on excavators Implications for position and design

の内容の確認を行い、視界性の課題について参加メンバの認識合せを行った。特にショベル右前方の視界の重要性が指摘された。

2017 年 5 月下旬に欧州 Ad-hoc group ミーティングが予定されているとの事。

3) 欧州機械指令 (2006/42/EC) との整合の必要性について

コンビナーより規格改訂にあたって、機械の移動可能範囲、作動範囲に基づいて適切な視界性要求を規定する事の必要性を機械指令で要求される内容を基に説明があった (写真—1)。

引用箇所の一部は下記の通り。

3.2.1. Driving position

Visibility from the driving position must be such that the driver can, in complete safety for himself and the exposed persons, operate the machinery and its tools in their foreseeable conditions of use. Where necessary, appropriate devices must be provided to remedy hazards due to inadequate direct vision.

Machinery on which the driver is transported must be designed and constructed in such a way that, from the driving positions, there is no risk to the driver from inadvertent contact with the wheels and tracks.

1.2.2. Control devices

From each control position, the operator must be able to ensure that no-one is in the danger zones, or the control system must be designed and constructed in such a way that starting is prevented while someone is in the danger zone.

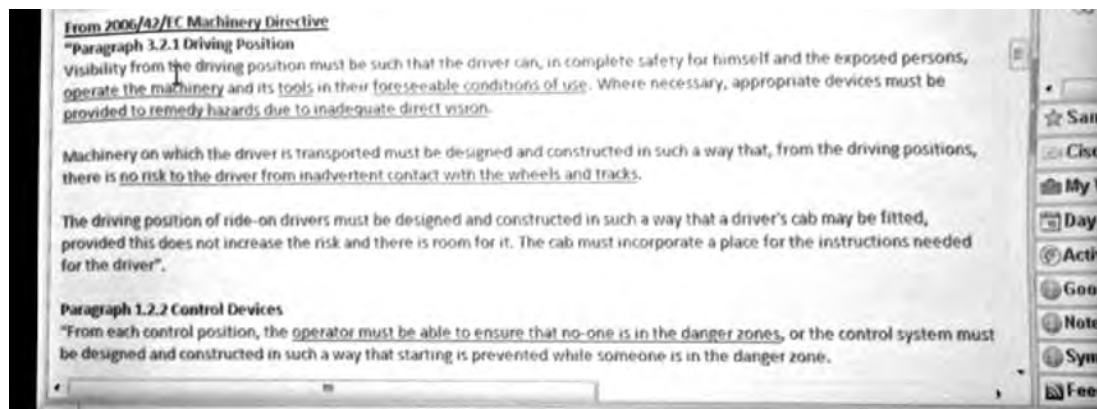
1.1.2. Principles of safety integration

From each control position, the operator must be able to ensure that no-one is in the danger zones, or the control system must be designed and constructed in such a way that starting is prevented while someone is in the danger zone.

4) 会場調査

規格改定の参考とするため、12:00 ~ 14:30 に各参加メンバで CONEXPO 展示機調査を実施した。

- ロンドンでの国際 WG 時に検討された各機種の移動能力や作業範囲から検討されたりスクエリアのレビューを行い、これを基にどのように試験手順を作るかの検討を行うこととなったが、機械性能の要求とするよりも job site organization で規定する方が良いのではないか、12 m 円上の



写真—1 欧州機械指令 (2006/42/EC) からの引用

視界性の規定は不要ではないかとの意見があり、コンビナーと意見のやり取りが続いた。結論は出ず、時間となり1日目終了。

4.3.2 第2日目

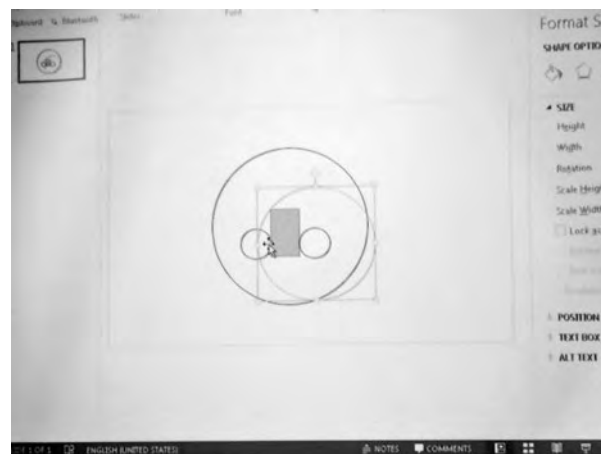
- 1) OSHA の off-road mobile machine に対する人を轢く事故の防止指針やドイツ RAPIDS Construction Safety and Technology Laboratory の Jochen Teizer 氏の研究レポートの内容を確認して、参加メンバー間で土工機械の事故原因についての知識の共有を行った。

続いて、土工機械の residual risk を決定するにあたって、「実際の土工機械の走行可能範囲と作動範囲を調査してから範囲を決定すべき」との意見の参加者と「機械としてどこが見えているべきかを検討して範囲を決めるべき」との意見のコンビナーとの間で議論があった。

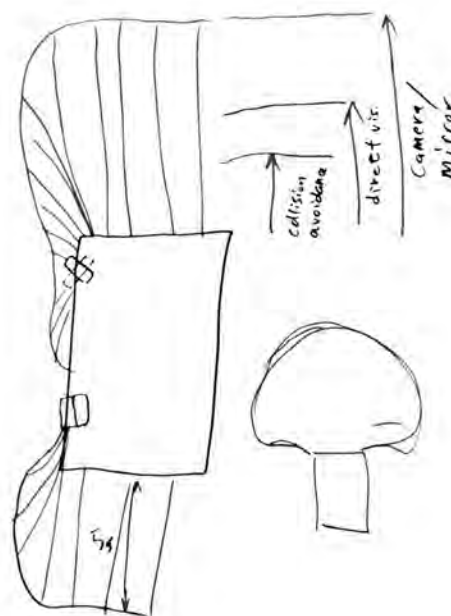
- 2) 前日と同様、12:00～14:30 に各参加メンバーで CONEXPO 展示機調査を実施した。
- 3) CAT 777F Off-highway truck の視界性マップ (ISO/TC 127/SC 1/WG 5 Doc N 84) および前回のロンドン国際 WG 時に検討された Rigid frame truck の移動能力・作業範囲図 (ISO/TC 127/SC 1/WG 5 Doc N 87) を参考に Rigid frame truck のリスクエリアについて検討を実施した。検討の中で出た項目は下記の通り。

- ・現行は遮影 (masking) の規定値を RB 上あるいは 12m 円上の長さで規定しているが、領域になるのでどのように規定すべきか？
- ・土工機械の旋回時の車体の旋回円側だけでなく車体を通る領域をリスクエリアとして規定すべき。
- ・そのために旋回円に加えて、旋回円と同心で車体の最も離れた点を通る円とによって円環上のリスクエリアを規定する (写真—2 参照)。
- ・旋回で通る領域1周のすべてが見えている必要は無く、どの程度まで見えている必要があるか？

⇒規定時間内に進む距離で定義する案を検討。
直進であれば走行速度が速くできるので規定時間内に進む距離が長くなり、大きく旋回すると走行速度が低くなるので規定時間内に進む距離が短くなる。前進方向に対してこの考えに基づく範囲を規定するとマッシュルーム型になる。この範囲について衝突回避のための検知領域、直接視界によって確保されるべき領域、ミラー・カメラによって確保されるべき領域と定義する



写真—2 車両走行範囲からのリスクエリア



図—1 規定時間内に車両が移動する範囲の概念図



写真—3 SC 1/WG 5 会議風景

考えが検討の中で示された (図—1 参照)。

- 4) 最後に、4.1 決定事項に記載した今回の全面改訂についてのアウトラインの確認を行い、閉会した。

部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 3/WG 13(ISO 6750 土工機械—取扱説明書—内容及び様式) 2016 年 4 月スウェーデン・ストックホルム市 国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家 (Expert) 木谷 利夫 (コマツ)

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) 傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 3/WG 13 (ISO 5006 土工機械—取扱説明書—内容及び様式改正) 作業グループ会議が 2016 年 4 月にスウェーデン国ストックホルム市で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家 (Expert) として出席した木谷利夫氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2016 年 4 月 26 日
- 2 開催地：スウェーデン国ストックホルム市 スウェーデン規格協会 Swedish Standards Institute, SIS Saturnus Conference Slussen 会議室

3 出席者：15 名

スウェーデン (SIS) 4 名
米国 (ANSI) 4 名
フランス (AFNOR) 1 名
英国 (BSI) 1 名
ドイツ (DIN) 2 名
イタリア (UNI) 1 名
日本 (JISC) 2 名

4 会議概要：

4.1 概要

前回 WG で各専門家に割り振られた、EN 474-1, ISO 20474-1 引用規格一覧表、兼、参照規格調査および報告票 (N 14) の宿題報告が行われ、対応方針を決定した。

事前に配布されていた ISO 6750 改正案に対して、専門家で討議した上で、今後のスケジュールが決定された。

4.2 主な審議内容

以前の WG で参考規格としてあげられた IEC 82079-1 “Preparation of instructions for use-Structuring, content and presentation-Part 1: General principles and detailed requirements” について、事務局から内容確認のために WG 専門家に限り配布された。

前回 WG で各専門家に割り振られた、EN 474-1, ISO 20474-1 引用規格一覧表、兼、参照規格調査および報告票 (N 14) の宿題報告が行われた。その中で、

上位規格の ISO 12100 の中に取扱説明書についての要求が 6.4.5 章に記載されており、記載項目の参考とすることになった。

取りまとめた取扱説明書を参照している規格一覧表 (N 18) は頻繁に更新することが考えられるため、

- ・ ISO 6750 の中に、Informative Annex にする
- ・ ISO/TR 6750-2 関連規格リストとして、ISO 6750-1 一般要求事項から独立させる

のいずれができるか、事務局から ISO 中央事務局へ問い合わせることになった。

事前に配布されていた ISO 6750 改正案に対して

- ・ 4.1 Front cover → Cover に変更した
- ・ 4.3 General (e.g. description, intended use, transport) -basic dimension and weight は、4.6 と 4.10 と内容が重複しているため、検討が必要
- ・ 4.11 Scheme で、取扱説明書に油圧、電気回路図まで載せる必要があるか、検討が必要
- ・ 4.12 Spare part list で、取扱説明書に品番まで載せる必要があるか、検討が必要
- ・ 4.15 Translation で、ISO 17100 の認証を取得した翻訳業者のみに限定されると、翻訳が高価になる可能性がある。取扱説明書は、なるべく簡単な単語を使い翻訳も平易に済ませている現状を説明した

4.3 今後のスケジュール

改正作業は通常の 36 ヶ月で実施、下記の日程で当初予定から変更無し。

- ・ 2016 年 10 月 CD 投票開始
- ・ 2017 年 4 月 DIS 投票開始
- ・ 2018 年 4 月 ISO 発行

次回 WG：2016 年 9 月または 10 月に対面会議をプラハまたはフランクフルトで開催。

4.4 宿題

2016 年 6 月までに議長及び事務局がまとめる、EN 474-1, ISO 20474-1 の引用規格のうち取扱説明書を参照している規格一覧表 (N 18) に対して、コメントを事務局に返答する。

4.5 所感

今回 ISO 6750 作業グループ対面会議に参加し、改

正案が討議される場に立ち会った。

参考資料

N 12：改訂案文（WD2）

N 14：EN 474-1, ISO 20474-1 引用規格一覧表，兼，
参照規格調査および報告票

N 15：今回の WG 会議議事案

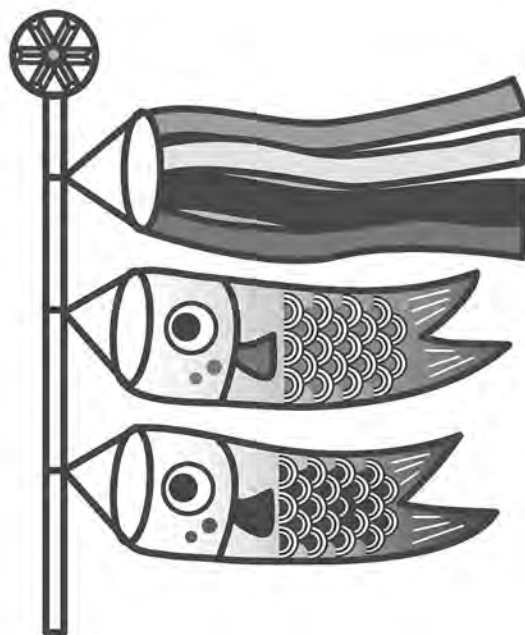
※今後追加されると思われるもの

N 17：今回の WG 会議決議

N 19：今回の WG 会議議事録

N 20：EN 474-1, ISO 20474-1 の引用規格のうち，
取扱説明書を参照している規格一覧表

N 21：改訂案文（WD3）



部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 3/WG 13(ISO 6750 土工機械—取扱説明書—内容及び様式) 2017 年 1 月ドイツ・フランクフルト市 国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家 (Expert) 木谷 利夫 (コマツ)

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) 傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 3/WG 13 (ISO 5006 土工機械—取扱説明書—内容及び様式改正) 作業グループ会議が 2017 年 1 月にドイツ国フランクフルト市で開催され、前回 2016 年 4 月に引き続き協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家 (Expert) として出席した木谷利夫氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2017 年 1 月 26, 27 日
- 2 開催地：ドイツ国フランクフルト市 VDMA ATRICOM meeting room
- 3 出席者：11 名 及び WebEx 参加 1 名
スウェーデン (SIS) 4 名
米国 (ANSI) 4 名
フランス (AFNOR) 1 名
ドイツ (DIN) 1 名
日本 (JISC) 1 名 及び WebEx 参加 1 名

4 会議概要：

4.1 概要

議長より Editing Group が作成した Working Draft N 38 について説明された。N 38 に対して寄せられた 121 件のコメントについて専門家で討議した上で、今後のスケジュールを決定した。

4.2 主な審議内容

寄せられたコメント (doc N 43) について WG13 で討議し、その結果を取り纏めた (doc N 48)。

- ・翻訳時には ISO 17100:2015; Translation Service に適合の方が望ましい。(コメント：FR022)
- ・クレーン作業用の定格荷重表記載は、日本は除外

されるように、国の法律で規定がある場合は記載禁止とされた。(コメント：US 024)

- ・略語集リストを記載しなければならないと明記された。(コメント：FR053)
- ・スペアパーツリストは別冊で可だが、消耗部品、重要部品は取説に記載が必要と明記された。(コメント：FR080)

4.3 今後のスケジュール

改正作業を通常の 36 ヶ月から 48 ヶ月に変更した。

2018 年 4 月 DIS 投票期限

- ・WG 13 は 以下の内容で CIB 提案 (委員会内投票) を開始する。投票期限は 4 週間。
 - ・番号を ISO 6750 から ISO 6750-1 に変更する。なおタイトルは変更なし。
 - ・Technical Report ISO/TR 6750-2 (関連規格リスト) を作成する。
 - ・事務局は改正案 ISO/TR 6750-2 を作成する。
 - ・WG 13 は編集グループにより修正された Working Draft (N 45 の予定) に対するコメントを提出する。
 - ・事務局は CD (委員会ドラフト) 投票を開始する。
- 次回 WG は CD 投票後に開催する。日時：2017 年 9 月 12, 13 日 場所：フランス、パリの予定

参考資料

- N 38：改訂案文
- N 44：今回の WG 決議
- N 46：今回の WG 議事録
- N 48：今回の WG コメント結果

部 会 報 告

除雪現場見学会

機械部会 除雪機械技術委員会

1. はじめに

平成 28 年度の除雪技術委員会の活動の 1 つとして、初の試みとなる除雪業者の皆様との意見交換会、及び除雪現場見学会を北海道札幌市内において実施した。

平成 29 年 1 月 30 日（月）、1 月 31 日（火）の参加者は 12 社、29 名であった。

2. 意見交換会

豊滝除雪ステーション（札幌市南区）において除雪業者 8 社の皆様との意見交換会を実施した（写真—1）。

・個別の機械への要望

ロータリ除雪車、除雪グレーダなどの話題を中心に各除雪業者の皆様にご意見を頂いた。特に除雪グレーダに関しては平成 27 年度より 1 名乗車化となったため、多くのご意見を頂いた。1 名乗車化が始まって間もないこともあり、運用方法に関しては後述の通り不便を感じる部分があるものの、各社工夫されている様子をうかがい知ることが出来た。

・人材の確保、育成に関して

上記 1 名乗車化に関連し、若手への教育方法に関するご意見を頂いた。従来、2 名乗車であれば助手として運転操作を間近に見ることで操作方法を学ぶことが出来たが、1 名乗車の場合はそれが適わず、一例として無線を通した指導を実施されているといった事例をご紹介頂いた。

また、教育に関しては 20 代の指導は 30 代、30 代の指導は 40 代と年齢が近いことが理想ではあるものの、実際には指導者と追随者の年齢が離れてしまっているとお話も頂いた。

人材の確保に関しては、近年機械に興味を持つ人材が減ってしまったこと、除雪につらいイメージを持つ人が増えているというご意見、また新しい人材が定着せず、3、4 年程度で辞めてしまうといったお話を頂いた。その一方で、農家の方にご協力を頂いている業者様においては、農家の担い手の世代交代が進んでいることもあり、直近での人材不足は感じていないというご意見も頂いた。



写真—1 意見交換会の様子

3. 除雪現場見学（1 日目）

国道 36 号線での夜間の運搬排雪作業の様子を見学させて頂いた。運搬排雪とは道路脇の雪をすべてダンプトラックに積み込み、雪堆積場等へ運ぶ作業を指す。

・ロータリ除雪車による拡幅（図—1）

はじめに、堆積した雪の約半分をロータリ除雪車により除去し、残りの雪を切り崩すためのスペースを確保する。この現場では交通量を考慮し、ダンプトラックへの雪の積み込みはロータリ除雪車と縦一列になって実施していた。雪を積んだダンプトラックは雪堆積場等へ雪を運び投雪する。

・除雪グレーダによる氷の除去

堆積した雪の下は氷の層になっていることが多いため、これをグレーダにて除去する。全体の作業の中では補助的な作業となる。

・油圧ショベルによる雪の切り崩し

残りの堆積した雪をホイール式油圧ショベルにより切り崩す。この際、歩道や車道に雪がこぼれてしまうため、これを除雪ドーザ 2 台で寄せ集める（写真—2）。

・小形除雪車による雪山のならし

車道の幅員を確保するため、雪山の裾をかきとり、雪山の上に積み上げる。積み上げられた雪はその後再びロータリ除雪車により除去される。



図一 1 拡幅作業のイメージ



写真一 2 運搬排雪の様子

4. 除雪現場見学（2 日目）

国道 12 号線での路面整正作業を見学させて頂いた。路面整正とは路面に堆積した雪の凹凸や轍を削り、路面を平らにする作業を指す（写真一 3）。

・除雪グレーダによる整正

除雪グレーダ 3 台により路面の凹凸を削り取り、削った雪を道路わきに寄せていく。3 台のグレーダは斜めに並んで作業を行うが、渡り鳥の雁（がん）が隊列を組んで飛ぶ様子にならない、これを雁行（がんこう）作業と呼ぶことがある。

グレーダ作業後は路面が滑りやすくなっているため、車体後方に取り付けられた粗面形成装置で圧雪に筋状の溝をつけ、一般車両のスリップを防止する。また凍結防止剤を散布した際にこの溝部分に入り込むことで、凍結防止剤の飛散を防止する効果もある。

・除雪ドーザによる雪寄せ

除雪グレーダによって寄せ切れなかった交差点内や間口の雪を除雪ドーザ 2 台により寄せる。これら一連の作業は片側の車線ごと実施され、寄せた雪が堆積してくると、1 日目に見学した運搬排雪が行われる。



写真一 3 路面整正の様子

5. おわりに

例年、各社持ち回りで実施していた工場見学から今回趣向を変え、除雪現場の見学会を実施することとなった。事前の準備の甲斐があつてか、当日は大きなトラブルも無く、無事全行程を終了することが出来た。また、各社より若手技術者を中心に多くの皆様にご参加頂く事が出来、有意義な見学会となった。

見学会を通して、現地で除雪作業を肌で感じ、自社の機械が活躍する姿を見られたことは一技術者として貴重な経験となった。また、除雪の恩恵にあずかる一市民としても、除雪に関わる皆様のご尽力、ご苦労に直に触れることで、大変に頭が下がる思いがあつた。

本見学会の実施に際し、かねてよりご準備、また当日の進行において多大なご協力を頂きました北海道開発局の皆様、ならびにお忙しい中、現場の見学にご協力頂きました除雪業者の皆様にこの場を借りて深く感謝いたします。



写真一 4 参加者の皆様

新工法紹介 機関連編集委員会

03-179	コンクリート工事 施工支援機械	竹中工務店
--------	--------------------	-------

▶ 概 要

2020年東京オリンピック、パラリンピック開催や国内経済の好転による建設需要の高まりに伴ない、建設作業員の不足が大きな問題となっている。コンクリート打設工事を担当する土間工、左官工においても、高齢化、入職者不足が深刻化しており、早急な対策が必要な状況である。

竹中工務店では、コンクリート工事（床打設）における一連の作業において機械化を推進し、生産性の向上及び品質の向上を目指している。具体的にはコンクリート工事（床打設）の各工程（打設、均し、押え）において専用のアシスト機械を導入した。

▶ 特 徴

①エンジン式バイブレータ（写真—1）

今回、コンクリート打設作業にはバックパック式のエンジンバイブレータ（米：ノースロック社製）を採用した。従来のコンクリートバイブレータは操作者とは別に配線介添え役として2名を要し1つのバイブレータに対して3名の作業員が必要であったが、バックパック式エンジンバイブレータを使用することで、配線介添え要員を配置することなく、1名での作業となり、省人化が可能である。



写真—1 バックパック式バイブレータ

②床均し機スクリード（写真—2）

床面レベルを整える均し作業は高度な熟練技術が必要とされてきたが「スクリード」と呼ばれる機械（米：SOMERO 社製）を導入した。レーザー測量機と連動させて自動でレベル制御が



写真—2 スクリード

できるバイブレータブレードで均しとレベル管理を行い、品質を高める。そのため、熟練工以外でも品質の向上が図れる。また、中腰姿勢での作業が減り、身体的負担の軽減にも寄与する。

③騎乗式トロウエル（写真—3）

床押え作業では、一般的に作業員が手動式トロウエルを手で持ち、振り回しながらの操作で施工していた。今回、新たに海外製の軽量騎乗式トロウエル（米：MBW 社製）を導入することで施工スピードが上がり施工効率の向上につながると共に、騎乗式のため作業員の身体的負担の軽減にも寄与する。また軽量なため、デッキプレート上での使用が可能である。



写真—3 騎乗式トロウエル

▶ 用 途

・コンクリート打設工事

▶ 実 績

・大阪市内物流施設建築工事作業所他 12 作業所

▶ 問 合 せ 先

(株)竹中工務店 大阪本店 西日本機材センター
〒587-0042 大阪府堺市美原区木材通 3-1-8
TEL：072-361-0161

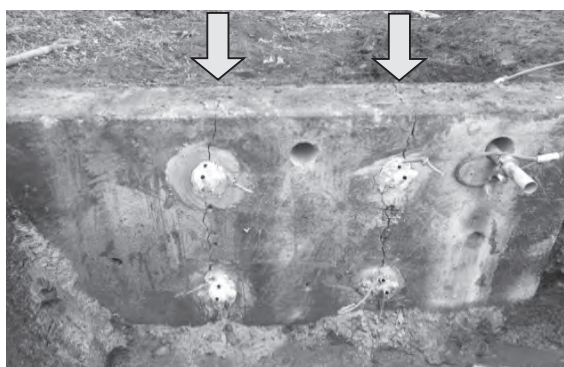
新工法紹介

07-363	水の凍結圧力を利用した 「コンクリート構造物破壊技術」	戸田建設
--------	--------------------------------	------

▶ 概 要

現在施工中である和光北インター地域土地区画整理事業造成工事において、水の凍結圧力を利用した「コンクリート構造物破壊技術」を用いて、住居に近接した重力式擁壁の解体を行った。これまでの重力式擁壁の解体は、解体重機を用いて重力式擁壁を圧砕するため、大きな騒音・振動と大量の粉塵が発生するという問題があった。本技術は、水の凍結膨張圧を利用して重力式擁壁に縦方向のひび割れ（写真—1）を発生させるというもので、低騒音・低振動・無粉塵で重力式擁壁を撤去（写真—2）することができた。

図—1 に凍結破碎の破壊原理を示す。水が凍結して氷になると、体積は約9%膨張し、その際に生じる凍結膨張圧は約200 MPaとなる。この原理を利用し、重力式擁壁に対して縦



写真—1 凍結膨張による縦方向のひび割れ発生状況



写真—2 解体した擁壁の撤去状況

方向に2本ずつ、横方向に0.75 m 間隔で配置した冷凍管内の水を、液体窒素を使って冷凍させることで冷凍管が膨張し、重力式擁壁に縦方向のひび割れを発生させる。その後、解体片を揚重機で撤去した。

▶ 特 徴

- ①低騒音・低振動・無粉塵で鉄筋コンクリートの撤去が可能
凍結膨張圧でコンクリート構造物にひび割れを発生させた後、コンクリートを揚重機で吊上げ、場外に搬出するため、低騒音・低振動・無粉塵でコンクリート構造物を撤去することができる。
- ②ひび割れ方向の制御とひび割れ幅の増大が可能
扁平形状の冷凍管を用いることで、内部の凍結膨張圧の上昇に伴い、鋼管が円形に戻ろうとする復元力により、ひび割れ方向を制御とひび割れ幅を増大させることができる。

▶ 用 途

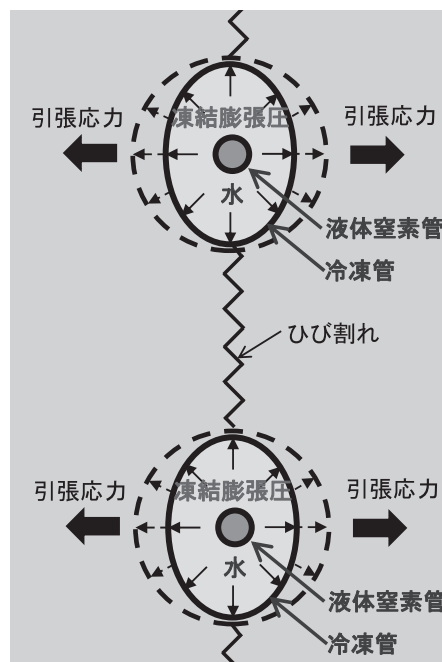
- ・コンクリート構造物の解体工事

▶ 実 績

- ・和光北インター地域土地区画整理事業造成工事

▶ 問 合 せ 先

戸田建設(株) 価値創造推進室 技術開発センター
〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1
TEL : 03-3535-2641



図—1 凍結破碎の原理

新工法紹介

11-102	自動追従台車 「かもーん」	竹中工務店
--------	------------------	-------

▶ 概 要

建設作業員の高齢化が深刻化しており、作業員の身体的負担をいかに減らしていくかが、今後の大きな課題となっている。特に資機材運搬は必要不可欠であるものの、高度なスキルを要しないため自動化が強く求められる作業である。建設現場では、これまで重量のある建設資材を大量に運搬するために、1台ごとに人が押して運んでいた。時間がかかり、体力も消耗する重労働であるため、労働環境を改善するためには、追従可能な自動搬送ロボットが要望されていた。また、建設現場では通路は平坦でなく、各所に障害物があり、その回避技術も必要となる。そのような中、竹中工務店とレンタルのニッケンが共同で建設現場や工場等の作業員の負担軽減策として、自動的に人を追従する運搬用ロボット台車「かもーん」(特許出願済、商標登録済)を開発した(写真-1)。



写真-1 自動追従台車「かもーん」

表-1 主要諸元

荷台長	1250 mm
荷台幅	800 mm
荷台高さ	360 mm
質量	190 kg
最大積載量	600 kg
走行速度	最大 4.5 km/h

▶ 特 徴

①自動追従機能

「かもーん」は、複数台つなげて台車が追従することが可能である。レーザーセンサーにより、最初に認識した人、モノに

ついていくことが特徴である。自動で柱などの障害物を回避する機能を有し、ぶつかることなく追従できる。

②電動アシスト機能

リモコンを使用した手動操縦による電動アシスト機能を搭載しており、追従機能の必要ないエレベータへの積降し時などにおける小回り作業にも有効である。



写真-2 電動アシストモード

③安全装置

台車前後に衝突防止バンパースイッチを取り付けており、障害物、人物に接触した際は非常停止が作動する。また、前方に取り付けたレーザーセンサーにより、途中で横から人物が入ってきた場合でも自動で台車が回避できる機能を有している。



写真-3 衝突防止バンパースイッチ

▶ 用 途

・建築工事、土木工事その他業界

▶ 実 績

・大阪市内物流施設建築工事作業所他 3 作業所

▶ 問 合 せ 先

(株)竹中工務店 大阪本店 西日本機材センター

〒587-0042 大阪府堺市美原区木材通 3-1-8

TEL：072-361-0161

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈01〉ブルドーザおよびスクレーパ

16-〈01〉-04	コマツ ブルドーザ D37PLL-24	'16.10 発売 新機種
------------	---------------------------	------------------

窒素酸化物 (NOx) と粒子状物質 (PM) の排出量を大幅に低減し、「オフロード法」^(※1) の 2014 年基準に適合した超々湿地ブルドーザである。低回転マッチング制御、オートアイドルストップ機能などにより燃費性能の向上を図り、国土交通省 2020 燃費基準を 100% 達成している。また、17.1 kPa (0.17 kg/cm²) の低接地圧と広幅ブレードにより超軟弱地における作業の効率化を図っている。

バッテリーディスプレイスイッチ、セカンダリエンジン停止スイッチ、シートベルト未装着警報により安全性の向上を図っている。機械モニタは、鮮明で見やすい高精細 7 インチ液晶ディスプレイ (LCD) で、エコガイド等^(※2) の表示により省エネ運転をサポートしている。機能が向上した KOMTRAX (機械稼働管理システム) により、オペレーターごとの車両運転情報の管理を可能にすると共に、AdBlue[®] ^(※2) の消費量についても確認可能にしている。

また、新車購入時に自動的に付帯される、パワーラインの保証延長と無償メンテナンスを取り入れた、サービスプログラム

表—1 D37PLL-24 の主な仕様

	ストレートチルトドーザ
機械質量 (t)	10.4
接地圧 (kPa (kg/cm ²))	17.1 (0.17)
エンジン定格出力 ネット (JIS D0006-1) *ファン最低回転速度時のネット出力 kW/min ⁻¹ (PS/rpm)	66.1/2200 (89.8/2200)
ブレード幅 (m)	3.455
ブレード最大上昇量/下降量 (m)	0.860/0.435
履帯幅 (m)	0.940
全長 (m)	4.870
全高 (キャブ上端まで) (m)	2.785
最小旋回半径 (m)	3.3
価格 (百万円)	18.4



写真—1 コマツ D37PLL-24 ブルドーザ
(一部オプションが含まれる)

「KOMATSU CARE (コマツ・ケア)」の提供により、トータルライフサイクルコストの低減と稼働に貢献を図っている。

- ※ 1. オフロード法: 特定特殊自動車排出ガスの NOx (窒素酸化物) と PM (粒子状物質) の排出量の規制等に関する法律。
- ※ 2. AdBlue[®]: ドイツ自動車工業会 (VDA) の登録商標。尿素 SCR システム専用の高品位尿素水のこと。

問合せ先: コマツ コーポレートコミュニケーション部
〒107-8414 東京都港区赤坂 2-3-6

▶ 〈02〉掘削機械

16-〈02〉-20	コマツ 油圧ショベル PC220/230 (LC) -11	'16.9 発売 新機種
------------	-------------------------------------	-----------------

窒素酸化物 (NOx) と粒子状物質 (PM) の排出量を大幅に低減することによりオフロード法^(※1) 2014 年基準に適合した中型油圧ショベルである。

機体のメインユニットを最適に制御するトータルビークルコントロール (機体総合制御) とオートアイドルストップ機能により、燃料消費量を同社従来機に比べ 5% 低減^(※2) し、燃費性能の向上を図っている。

KomVision (機械周囲カメラシステム)、ロックレバー自動ロック機能により安全性の向上を図っている。また、機能が向上した KOMTRAX (機械稼働管理システム) により、オペレーターごとの車両運転情報の管理を可能にすると共に、排出ガス後処理システムの選択触媒還元 (SCR) に必要な AdBlue[®] ^(※3) の残量についても確認可能にしている。

さらに、新車購入時に自動的に付帯される、パワーラインの保証延長と無償メンテナンスを取り入れた、サービスプログラム「KOMATSU CARE (コマツ・ケア)」の提供により、トータルライフサイクルコストの低減と長時間稼働への貢献を図っている。

- ※ 1. オフロード法: 特定特殊自動車排出ガスの NOx (窒素酸化物)、PM (粒子状物質) 排出量の規制等に関する法律。
- ※ 2. 同社従来機との比較 (同社テスト基準による)。実作業では作業条件により異なる場合がある。
- ※ 3. ドイツ自動車工業会 (VDA) の登録商標。尿素 SCR システム専用の高品位尿素水のこと。

問合せ先: コマツ コーポレートコミュニケーション部
〒107-8414 東京都港区赤坂 2-3-6

新機種紹介

表－2 PC220/230(LC)-11 の主な仕様

	PC220-11	PC220LC-11
機械質量 (t)	23.1	24.6
エンジン定格出力 ネット (JIS D0006-1) (kW/min ⁻¹ [PS/rpm])	132/2,000 [180/2,000]	
標準バケット容量 (JIS A 8403-4) (m ³)	1.00	
標準バケット幅 (サイドカッタ含む) (m)	1.155 (1.260)	
全長 (輸送時) (m)	9.965	
全幅 (m)	2.98	3.28
全高 (輸送時) (m)	3.185	
後端旋回半径 (m)	3.020	
価格 (百万円)	26.3	27.3

	PC230-11	PC230LC-11
機械質量 (t)	23.9	24.9
エンジン定格出力 ネット (JIS D0006-1) (kW/min ⁻¹ [PS/rpm])	132/2,000 [180/2,000]	
標準バケット容量 (JIS A 8403-4) (m ³)	1.00	
標準バケット幅 (サイドカッタ含む) (m)	1.155 (1.260)	
全長 (輸送時) (m)	9.965	
全幅 (m)	2.98	3.18
全高 (輸送時) (m)	3.185	
後端旋回半径 (m)	3.020	
価格 (百万円)	28.0	29.0

写真－2 コマツ PC220-11 油圧ショベル
(一部オプションが含まれる)

16-〈02〉-21	コマツ 油圧ショベル PC128/138US-11	'16.9 発売 新機種
------------	---------------------------------	-----------------

窒素酸化物 (NOx) と粒子状物質 (PM) の排出量を大幅に低減し、「オフロード法」(*1) の 2014 年基準に適合した油圧ショベルである。

機体のメインユニットを最適に制御するトータルピークルコントロール (機体総合制御) とオートアイドルストップ機能により、燃料消費量を同社従来機に比べ、PC128US-11 では 9%、PC138US-11 では 5% 低減し、燃費性能の向上を図っている (*2)。

また、KomVision (機械周囲カメラシステム)、ロックレバー自動ロック機能により安全性の向上を図っている。さらに、機能が向上した KOMTRAX (機械稼働管理システム) よりオペレーターごとの車両運転情報の管理を可能にすると共に、排出ガス後処理システムの選択触媒還元 (SCR) に必要な AdBlue® (*3) の残量についても確認可能にしている。

また、新車購入時に自動的に付帯される、パワーラインの保証延長と無償メンテナンスを取り入れた、サービスプログラム「KOMATSU CARE (コマツ・ケア)」の提供により、トータルライフサイクルコストの低減と稼働への貢献を図っている。

表－3 PC128/138US-11 の主な仕様

	PC128US-11	PC138US-11
機械質量 (t)	13.0	13.4
エンジン定格出力 ネット (JIS D0006-1) kW/min ⁻¹ (PS/rpm)	72.5/2050 (98.6/2050)	
標準バケット容量 (JIS A 8403-4) (m ³)	0.45	0.50
標準バケット幅 (サイドカッタ含む) (m)	0.833 (0.953)	0.859 (0.979)
全長 (輸送時) (m)	7.26	
全幅 (m)	2.49	
全高 (輸送時) (m)	2.85	
後端旋回半径 (m)	1.48	
価格 (百万円)	14.4	15.7

写真－3 コマツ PC138US-11 油圧ショベル
(一部オプションが含まれる)

新機種紹介

- ※ 1. オフロード法:特定特殊自動車排出ガスの NO_x (窒素酸化物) と PM (粒子状物質) の排出量の規制等に関する法律。
- ※ 2. 同社従来機との比較 (同社テスト基準による)。実作業では作業条件により異なる場合がある。
- ※ 3. AdBlue[®]: ドイツ自動車工業会 (VDA) の登録商標。尿素 SCR システム専用の高品位尿素水のこと。

問合せ先: コマツ コーポレートコミュニケーション部
〒107-8414 東京都港区赤坂 2-3-6

16-(02)-24	日立建機 大型油圧ショベル ZX470-6, ZX530-6	'16.10 発売 新機種
------------	--------------------------------------	------------------

特定特殊自動車排出ガス 2014 年基準に適合し、かつ従来機と同じ作業量を維持しながら低燃費を実現している大型油圧ショベルである。

大型の後処理装置と尿素 SCR システムにより、PM (粒子状物質) と NO_x (窒素酸化物) 排出量を低減している。

エンジンの燃焼効率の最適化、および従来機で実績のある油圧システム「HIOS ⅢB」により、作業量を従来機と同等のまま、燃費を 3~6%低減している。

耐久性を向上させたインジェクタや、冷却水のエア抜けや補給を容易にするエクспанションタンクによりエンジンの信頼性の向上を図っている。

また、上部旋回体に手すりを追加しているほか、耐久性のある滑り止めプレートを上部全域に採用し、また、電気回路整備時に容易に供給電源を遮断できるバッテリーディスコネクトスイッチを標準装備することにより、安全性の向上を図っている。

表一 4 ZX470-6, ZX530-6 の主な仕様

		ZX470-6	ZX530-6
標準バケット容量	(m ³)	1.9	1.9
運転質量	(t)	46.7	52.7
エンジン定格出力	(kW/min ⁻¹)	270/2,000	270/2,000
最大掘削半径	(mm)	12,060	12,060
最大掘削深さ	(mm)	7,770	7,690
最大掘削高さ	(mm)	11,060	11,130
最大ダンプ高さ	(mm)	7,650	7,730
最大掘削力 (昇圧時)	(kN)	286	296
旋回速度	(min ⁻¹)	9.5	9.5
走行速度 (低速 / 高速)	(km/h)	3.9/5.5	3.9/5.5
全長	(mm)	12,010	12,010
全幅	(mm)	3,820	3,840
全高	(mm)	3,530	3,610
後端旋回半径	(mm)	3,670	3,670
標準小売価格 (税抜)	(百万円)	45.7	52.5



写真一 4 日立建機 ZX490LCH-6 (ZX470-6 シリーズ)
大型油圧ショベル

さらに、板厚アップとともに、より信頼性の高い溶接方法を採用しフロント構造物の耐久性の向上を図っている。

その他、ファン逆転機能を装備しラジエータの清掃を容易にしてメンテナンスの向上を図っている。

ZX530-6 は、ZX470-6 の下部走行体のローラ、アイドラおよびスプロケットを大型化し、足回りをさらに強化したモデルである。

問合せ先: 日立建機(株) 経営管理統括本部 ブランド・コミュニケーション本部 広報戦略室 広報・IR 部 広報グループ
〒110-0015 東京都台東区東上野二丁目 16 番 1 号

▶ 〈03〉 積込機械

16-(03)-07	コマツ ホイールローダー WA380-8, WA470-8	'16.9 発売 新機種
------------	-------------------------------------	-----------------

窒素酸化物 (NO_x) と粒子状物質 (PM) の排出量を大幅に低減することにより「オフロード法」^(※1) 2014 年基準および大型・小型特殊自動車平成 26 年基準に適合したホイールローダーである。

パワートレイン「ワイドレンジロックアップ付き大容量トルクコンバータ」や、エンジン・パワートレイン・油圧システムをトータルに最適コントロールする制御システム「コマツスマートローダロジック」により、燃料消費量を同社従来機に比べ WA380-8 では 3%、WA470-8 では 6%低減し^(※2)、燃費性能の向上を図っている。

降雪時や寒冷地で後方視界性を確保するタイマー付き熱線サイドミラーにより安全性の向上を図っている。また、機能が向上した KOMTRAX (機械稼働管理システム) により、オペレーターごとの車両運転情報の管理を可能にすると共に、排出ガス後処理システムの選択触媒還元 (SCR) に必要な AdBlue[®]^(※3) の残量についても確認可能にしている。

さらに、新車購入時に自動的に付帯される、パワーラインの保証延長と無償メンテナンスを取り入れた、サービスプログラム「KOMATSU CARE (コマツ・ケア)」の提供により、トータルラ

新機種紹介

ライフサイクルコストの低減と長時間稼働への貢献を図っている。

- ※ 1. オフロード法：特定特殊自動車排出ガスのNO_x(窒素酸化物)、PM（粒子状物質）排出量の規制等に関する法律。
- ※ 2. 同社従来機との比較（同社テスト基準による）。実作業では作業条件により異なる場合がある。
- ※ 3. ドイツ自動車工業会（VDA）の登録商標。尿素 SCR システム専用の高品位尿素水のこと。

表—5 WA380-8/WA470-8の主な仕様

	WA380-8	WA470-8
運転質量 (t)	18.2	23.6
エンジン定格出力 ネット (kW [PS])	143/2,100 [194/2,100]	203/2,000 [276/2,000]
バケット容量 (m ³)	3.4 (ルーズマテリアル用 B.O.C.*付)	4.2 (ストックパイル用 B.O.C.*付)
最大掘起力(バケットシリンダー) (kN [kg])	153 [15,640]	192 [19,600]
全長/全幅(バケット幅)/全高 (m)	8.21/2.92/3.39	8.9/3.185/3.5
ダンピングクリアランス (m) (45度前傾 B.O.C.*先端まで)	2.92	3.185
ダンピングリーチ (m) (45度前傾 B.O.C.*先端まで)	1.175	1.235
最小回転半径(最外輪中心) (m)	6.32	6.63
価格(工場裸渡し消費税抜き) (百万円)	36.7	52.8

※ B.O.C.：ボルトオンカッティングエッジ



写真—5 コマツ WA380-8 (左)、WA470-8 (右) ホイールローダー (一部オプションが含まれる)

問合せ先：コマツ コーポレートコミュニケーション部
〒107-8414 東京都港区赤坂 2-3-6

16-〈03〉-09	コマツ ホイールローダー WA500-8, WA600-8	'16.9 発売 新機種
------------	-------------------------------------	-----------------

窒素酸化物(NO_x)と粒子状物質(PM)の排出量を大幅に低減することにより、「オフロード法」^(※1)に適合したホイールローダーである。

パワートレイン「ワイドレンジロックアップ付き大容量トルクコンバータ」およびエンジン・パワートレイン・油圧システムをトータルに最適コントロールする制御システム「コマツスマートローダロジック」により、燃料消費量を同社従来機に比べ WA500-8 では 8%, WA600-8 では 13% 低減し^(※2)、燃費性能の向上を図っている。

掘削時にキックダウン、ブーム上げ、バケットチルトを自動で実施するオート掘削機能および荷がすくい易い新形状バケットとの相乗効果により、生産性の向上を図っている。また、機能が向上した KOMTRAX（機械稼働管理システム）により、オペレーターごとの車両運転情報の管理を可能にすると共に、排出ガス後処理システムの選択触媒還元(SCR)に必要な AdBlue[®] ^(※3)の残量についても確認可能にしている。

さらに、新車購入時に自動的に付帯される、パワーラインの保証延長と無償メンテナンスを取り入れた、サービスプログラム「KOMATSU CARE (コマツ・ケア)」の提供により、トータルライフサイクルコストの低減と長時間稼働への貢献を図っている。

- ※ 1. オフロード法：特定特殊自動車排出ガスのNO_x(窒素酸化物)、PM（粒子状物質）排出量の規制等に関する法律。
- ※ 2. 同社従来機との比較（同社テスト基準による）。実作業では作業条件により異なる場合がある。
- ※ 3. ドイツ自動車工業会（VDA）の登録商標。尿素 SCR システム専用の高品位尿素水のこと。

表—6 WA500-8/WA600-8の主な仕様

	WA500-8	WA600-8
運転質量 (t)	34.16	54.9
エンジン定格出力 ネット (kW [PS])	264/1,900 [358/1,900]	395/1,800 [537/1,800]
バケット容量 (m ³)	5.8 (ストックパイル用 B.O.C.*)	7.0 (山刃ロックチップ式ツース)
最大掘起力(バケットシリンダー) (kN [kg])	239.8 (24,470)	378.5 (38,595)
全長/全幅(バケット幅)/全高 (m)	9.945/3.415/3.785	12.030/3.915/4.5
ダンピングクリアランス (m) (B.O.C.*先端まで)	3.275	3.700
ダンピングリーチ (45度前傾) (m) (B.O.C.*先端まで)	1.525	1.915
最小回転半径(最外輪中心) (m)	7.05	7.075
価格(工場裸渡し消費税抜き) (百万円)	59.8	87.8

※ B.O.C.：ボルトオンカッティングエッジ

新機種紹介



写真—6 コマツ WA500-8 (左), WA600-8 (右) ホイールローダー
(一部オプションが含まれる)

問合せ先: コマツ コーポレートコミュニケーション部

〒107-8414 東京都港区赤坂 2-3-6

▶ 〈04〉 運搬機械

16-〈04〉-01	コマツ アーティキュレートダンプトラック HM300-5, HM400-5	'16.9 発売 新機種
------------	---	-----------------

窒素酸化物 (NO_x) と粒子状物質 (PM) の排出量を大幅に低減することにより「オフロード法」^(※1) の 2014 年基準に適合したアーティキュレートダンプトラックである。

ファン回転に応じたエンジン出力の制御やオートアイドルストップ機能により、燃料消費量を同社従来機に比べ 2.5% 低減^(※2)、また、排出ガス後処理システムの選択触媒還元 (SCR) に必要な AdBlue[®] ^(※3) を加えた消費量でも同社従来機と同等以下とし、燃費性能の向上を図っている。

アクセル操作のみで滑りやすい路面や軟弱地を走破するのに効果を発揮するスリップ制御技術「コマツトラクションコントロールシステム (KTCS)」, および広々として左右バランスの良い視界の確保を可能にした車体のショートノーズ化と運転席のキャブ中央配置については、ユーザーからの評価も高く、従来機からそのまま継承している。

一方、機能が向上した KOMTRAX (機械稼働管理システム) により、オペレーターごとの車両運転情報の管理を可能にすると共に、AdBlue[®] の消費量も確認可能にしている。

表—7 HM300-5/HM400-5 の主な仕様

	HM300-5	HM400-5
最大積載質量 (t)	28	40
ボディ容量 (山積 2:1/ 平積) (m ³)	17.1/13.4	24.0/18.2
エンジン定格出力 ネット (kW/min ⁻¹)	242/2,000	348/2,000
(JIS D0006-1) (PS/rpm)	(329/2,000)	(473/2,000)
全長 (m)	10.275	11.105
全幅 (m)	3.28	3.45
全高 (空車時) (m)	3.495	3.735
最高走行速度 (km/h)	58	56
最小回転半径 (車体最外側) (m)	8.25	8.9
価格 (工場裸渡し消費税抜き) (百万円)	55.8	77.7



写真—7 コマツ HM300-5 (左), HM400-5 (右)
アーティキュレートダンプトラック
(一部オプションが含まれる)

さらに、新車購入時に自動的に付帯される、パワーラインの保証延長と無償メンテナンスを取り入れた、サービスプログラム「KOMATSU CARE (コマツ・ケア)」の提供により、トータルライフサイクルコストの低減と長時間稼働への貢献を図っている。

- ※1. オフロード法: 特定特殊自動車排出ガスの NO_x (窒素酸化物), PM (粒子状物質) 排出量の規制等に関する法律。
- ※2. 同社従来機との比較 (当社テスト基準による)。実作業では作業条件により異なる場合がある。
- ※3. ドイツ自動車工業会 (VDA) の登録商標。尿素 SCR システム専用の高品位尿素水のこと。

問合せ先: コマツ コーポレートコミュニケーション部

〒107-8414 東京都港区赤坂 2-3-6

▶ 〈05〉 クレーン、インクラインおよびウインチ

16-〈05〉-11	古河ユニック ミニ・クローラークレーン UR-W295CBR	'16.10 発売 新機種
------------	--------------------------------------	------------------

バッテリーを内蔵した完全電動化仕様のミニ・クローラークレーンである。

走行、クレーン作業がすべてバッテリー駆動のため、排気ガス対策が必要な現場や外部電源がない現場でも作業が可能である。

クレーン操作時の騒音は、エンジン仕様と比べ低減され、無操作時には、電動モータの回転を停止させて無音にすることで、作業環境の向上を図っている。

バッテリー残量表示が 0% になった場合でもクレーンの格納や撤収作業ができる「予備バッテリーモード」や、待機状態が一定時間続いた場合に自動で電源が OFF になる「クレーン電源自動停止機能」により安心と省エネ機能の向上を図っている。

「ジョイスティック式」と「選択スイッチ式」の 2 種類の操作方法を選べる「連動ラジコン」(購入時にいずれかを選択) や「転倒防止装置」により操作性と安全性の向上を図っている。

新機種紹介

表一 8 UR-W295CBR の主な仕様

最大クレーン容量	(t) × (m)	2.93 × 1.4
最大地上揚程 (約)	(m)	8.9
最大地下揚程 (約)	(m)	11.6
最大作業半径	(m)	8.41
フック巻上速度	(m/min)	7.0 [標準] 9.1 [高速]
ブーム伸長速度 (ブーム長さ)	(m)/(s)	6.12/31 [標準] 6.12/23 [高速]
ブーム上げ時間	(度)/(s)	0 ~ 78/17 [標準] 0 ~ 78/12 [高速]
旋回範囲 / 速度	(度)/(rpm)	360 (連続) / 1.5
走行速度	(km/h)	1.0 [標準] 1.4 [高速]
登坂能力	(度)	20
クローラ接地圧	(kPa)	60.8
全長 × 全幅 × 全高 (格納姿勢)	(m)	2.72 × 0.69 × 1.525
質量	(t)	2.35
価格	(千円)	9,666

(注) フック巻上速度：ロープ掛数 4, ドラム巻層 3



走行姿勢



作業姿勢

写真一 8 古河ユニック UR-W295CBR ミニ・クローラクレーン

問合せ先：古河ユニック(株)営業本部 営業企画部 販売促進課

〒103-0027 東京都中央区日本橋 1-5-3

▶ 〈08〉 トンネル掘削機および設備機械

16-〈08〉-03	JIM テクノロジー 泥土圧シールド掘進機 東京外かく環状道路 本線トンネル (北行) 大泉南工事向け	'16.12 製作 新機種
------------	--	------------------

東京外かく環状道路本線トンネル (北行) 大泉南工事に用いられる外径 $\phi 16.1$ m の泥土圧シールド掘進機である。地中に残置された支障物をカッターヘッドに取り付けられた特殊強化型先行ビットで直接切削できる機能を有している。

東京外かく環状道路は、その大部分が「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」に基づく「大深度地下」を使用したトンネル構造であり、北行・南行の 3 車線道路 16.2 km × 2 本について、国土交通省、東日本高速道路㈱、中日本高速道路㈱が共同して事業を進めている。

本工事における掘削土質は江戸川層砂、硬質な粘土および舎人層砂礫、砂、硬質な粘土であり、施工延長は 6,974 m である。ほぼ地上 (小土被り 4 m) から発進して約 200 m 付近で白子川護岸を通過するが、縦断線形の制約から残置された鉄筋コンクリート杭 $\phi 1.2$ m × 46 本を避けられず、これらをシールドで直接切削する。

その対応としてカッターヘッドを傾斜型コーン状にし、スポーク前面に支障物を直接切削できる特殊強化型先行ビットを円形断面上に特殊なレイアウトで配置した。これにより地中支障物がマシンとカッターヘッド中心部に近い部位から接触し始めて、必ず最後に支障物外縁部を切削することが可能となる。また、カッターヘッドの回転は、通常の倍速まで上げることができ、スクリーコンベヤで取り込むことのできる大きさに支障物を切削できる。

本シールドのカッタービット総数は 1,155 個で、ビットの超鋼チップ材容積は従来の約 3 倍となっており、支障物切削後の約 6.5 km の長距離施工にも対応している。また、特殊強化型先行ビットの一部には振動センサーおよび摩耗検知センサー、温度センサーを装備

表一 9 シールドの主な仕様

シールド外径	(m)	16.1
シールド機長	(m)	15.2
シールドジャッキ	(kN) × (本)	3,500 × 98
カッターヘッド		傾斜型カッターヘッド 5°
カッタートルク常用	(kN・m)	85,496
カッタートルク最大	(kN・m)	102,595
カッター回転数	(rpm)	~ 0.86
スクリーコンベヤ装備数		3 基
スクリーコンベヤ外径	(m)	1.5
エレクター		半自動式ツイーンエレクター
エレクター回転数	(rpm)	0.83
テールシール		4 段
同時裏込注入装置装備数		12 基
貼付凍結管		フード部
放射凍結管		98 か所

新機種紹介



図—9 JIMテクノロジー 泥土圧シールド掘進機（φ 16.1 m）の神戸工場完成写真

し、施工時に常時監視できる。

シールド総推力は 343,000 kN あり、0.1 ～ 60 mm/min の推進速度制御ができる。

本シールド総重量は約 4,000 ton であり、約 200 分割で陸上輸送して現地組立を行う。

到達時は東名側からの相手マシンと凍結工法により地中接合する。

問合せ先：JIM テクノロジー(株)販売技術部

〒 210-0024 川崎市川崎区日進町 1-14

▶ 〈10〉 環境保全およびリサイクル機械

16-〈10〉-02	住友建機 油圧ショベル（マテリアルハンドリング機） SH250-7MH	'16.11 発売 新機種
------------	---	------------------

油圧ショベルに発電機と制御盤を搭載し、アーム先端部にマグネット（金属吸着用）やグラップル（非鉄金属用）を装着し、大量のスクラップを短時間に効率良く扱うマテリアルハンドリング機である。

特定特殊自動車排出ガス 2014 年基準に適合し、経済性をあわす燃費では従来機比 12% の低減、作業性をあわすサイクルタイムでは 7% の短縮を図っている。

作業中の揺れを抑制し、エレベータ式に昇降するキャブにより作業状態が見やすくなり、最適な作業ポジションを確保できるため安全で、安定した作業が可能である。

FVM（フィールドビューモニター）を標準装備し、270 度の広角と上空からの俯瞰画像により、周囲の安全確認を容易にしている。

キャブ干渉防止機能、エレベータキャブ落下防止弁、エレベータキャブ緊急降下装置、大型アンダービューミラーを装備しており、安全性の向上を図っている。

表—10 SH250-7MH の主な仕様

		マグネット仕様	グラップル仕様
運転質量 (kg)		33400 * ¹	31100 * ²
定格出力 (kW/min ⁻¹)		132.1/2000	
マグネットサイズ (mm)		φ 1370	—
使用定格		60%ED	—
発電機出力 (kVA)		20	—
マグネット能力(嵩比重 1.3)冷時 (kg)		920	—
クイックヒッチ		○ * ³	
作業範囲	最大作業半径 (mm)	11800 * ⁴	11580 * ⁵
	最大作業高さ (mm)	10790 * ⁴	12680 * ⁵
	最大作業深さ (mm)	4360 * ⁴	3610 * ⁵
	アタッチメント最小旋回半径 (mm)	2080	
	後端旋回半径 (mm)	2950	
寸法	全長 (mm)	10230	
	全幅 (mm)	3190	
	全高 (mm)	3210	
	シュー幅 (mm)	600	
	EV 上昇量 (mm)	2300	
価格 (税抜) (百万円)		42.16	—

- * 1：マグネット仕様の運転質量はφ 1370 マグネットを含みます。
* 2：グラップル仕様の運転質量はエンドアタッチメントを含みません。
* 3：クイックヒッチ取付け時のマグネットサイズはφ 1170、グラップルは開口幅 2200 です。
* 4：マグネット仕様の作業範囲はマグネット中心となります。
* 5：グラップル仕様の作業範囲はアーム先端のピン位置となります。



写真—10 住友建機 SH250-7MH 油圧ショベル

問合せ先：住友建機販売(株) 営業企画部

〒 141-6025 東京都品川区大崎 2-1-1

新機種紹介

▶ 〈17〉 空気圧縮機，送風機およびポンプ

16-〈17〉-01	北越工業 屋外設置型オイルフリー スクリュコンプレッサ SMAD22VD-E	'16.9 発売 新機種
------------	---	-----------------

油分を含まないクリーンな空気が要求される食品・医療業界などで、広く使用されているオイルフリースクリュコンプレッサの屋外設置型インバータ制御仕様である。

圧縮機本体は、従来1段圧縮式であったが、2段圧縮式にして、圧縮効率の向上と動力の低減による高性能化を図っている。

従来の固定化されていた最低回転速度を、外気温度と吐出圧力に応じて自動的に可変制御することにより、消費動力の低減を、また、増風・増圧機能により多様なニーズへの対応を図っている。

ボンネットは、屋外設置が可能な全天候型エンクロージャとしていため、コンプレッサ室が不要となり機械の搬入工事の簡素化を、また、工場内設置型に比べ清浄な空気を吸入することにより機械の性能および寿命の向上を図っている。

駆動モータは、モータ軸とコンプレッサ本体を一体化したビルトインタイプのIPM モータとして、構造を簡素化しメカニカルロス

を最小限にとどめたこと、および新設計圧縮機の採用、駆動モータのビルトイン化による振動低減、吸排気ダクトの迷路化、新吸音材等により、機械正面1.5mの距離における騒音値を「60 dB (A)」とし、低騒音化を図ることにより周辺環境に配慮している。また、機械内部には、オイルパンを設置し、油脂類の外部漏洩を防止している。

機械正面に大型ドアを設置し、日常・定期点検時に必要な箇所へ容易にアクセスできるワンサイドメンテにより整備性の向上を図っている。

問合せ先：北越工業(株) 営業本部 販売促進部

〒160-0023 東京都新宿区西新宿1-22-2 新宿サンエービル

▶ 〈18〉 原動機および発電・変電設備等

16-〈18〉-02	北越工業 可搬形エンジン発電機 SDG45/60LA	'16.9 発売 新機種
------------	----------------------------------	-----------------

国土交通省「第3次基準値排出ガス対策型建設機械」および「超低騒音型建設機械」の指定を受けた可搬型エンジン発電機である。

三相4線と単相3線を同時に出力可能で、水中ポンプ、エアコンなどの三相負荷とパソコンや照明などの単相負荷を同時に使用することができ、現場事務所や、非常用電源に適している。

三相4線は標準装備の電圧切替盤により200V級と400V級の切り替えが可能、また、単相3線は特殊な巻線方式の出力コイルにより低波形歪率としている。

充填油脂類（燃料、エンジンオイル、冷却水）全量以上の空間容量を確保したリークガードを発電機防音箱内に設け、機械外部への流出を防ぎ環境に配慮している。また、全高を低く抑え、クレーン付き2tトラックの荷台にブームを収納したまま積載することができ、輸送の利便性を向上している。

安全面では、発電機出力の過電流保護や、漏電保護等 各種保護装置に加えて、エンジン非常停止スイッチを操作パネル扉付近に装備し緊急時に即座に運転を停止することができる。単相補助コンセント6口付で、各コンセントにサーキットプロテクタを装備し負荷側の短絡事故や過電流に対して個別に保護することができる。

発電機本体の絶縁性能向上とともに吸入口形状および出力端子台部の構造を見直し絶縁性能をさらに向上させている。

燃料タンクの清掃やリークガード内部を点検する際には、機体とリークガードの結合ナットを外して、機体を吊降することでリークガード部を脱着する。リークガード側面に上端部を尖らせたスライダを設け、機体との脱着を容易にしている。

漏電保護機能接地用アース棒を収納する箱をフレーム側面に装備しアース端子に接続したままでの収納が可能、エンジンオイル排出用ホースを標準装備してオイル交換の作業性を改善する等、メンテナンス性にも配慮している。

表—11 SMAD22VD-E の主な仕様

吐出空気量 ^{*1}	(m ³ /min)	3.7 (4.0～3.3)
吐出圧力	(MPa)	0.7 (0.5～0.8)
容量制御方式		インバータ制御
モータ公称出力	(kW)	22
全長×全幅×全高	(mm)	2,040×900×1,570
概略整備質量	(kg)	950
騒音値 ^{*2}	(dB(A))	60
価格（税別）	(千円)	9,200

※1 大気圧下、温度30℃の吸込状態に換算した値による。

※2 正面（操作側）機側1.5m 高さ1.0m、全負荷運転時、外気温30℃、無響音室条件に換算した値による。



写真—11 北越工業 SMAD22VD-E
屋外設置型オイルフリースクリュコンプレッサ

新機種紹介

表― 12 SDG45/60LA の主な仕様

型式	SDG45LA-5B2	SDG60LA-5B1
周波数 (Hz)	50/60	50/60
三相 200V 級		
出力 (kVA)	37/45	50/60
定格電圧 (V)	200/220	200/220
三相 400V 級		
出力 (kVA)	37/45	50/60
定格電圧 (V)	400/440	400/440
単相三線式		
出力※1 (kVA)	21.4/26.0 〈10.7/13.0〉	28.9/34.6 〈14.4/17.3〉
定格電圧 (V)	100-200/110-220	100-200/110-220
単相コンセント	15 A × 6 ケ	15 A × 6 ケ
エンジン定格出力 (kW)	35.0/42.5	51.6/61.0
全長 (mm)	1,850	2,080
全幅 (mm)	860	1,000
全高 (mm)	1,350	1,350
運転整備質量 (kg)	1,150	1,390
騒音値		
音圧レベル※2 (dB(A))	57/60	60/63
LwA※3 (dB)	88	90
価格 (税別) (千円)	3,600	4,800

※1 〈 〉内は三相を 400 V 級に切替時の値。
※2 無負荷時 7 m 4 方向平均値。
※3 音響パワーレベル (60 Hz 無負荷時)。



写真― 12 北越工業 可搬型エンジン発電機 SDG45LA-5B2

問合せ先：北越工業(株) 営業本部 販売促進部
〒 160-0023 東京都新宿区西新宿 1-22-2 新宿サンエービル

平成 29 年度 公共事業関係予算

はじめに

平成 29 年度国土交通省公共事業関係予算については、東日本大震災からの復興の加速、熊本地震や相次ぐ台風による豪雨からの復旧・復興の着実な推進、ハード・ソフトを総動員した防災・減災対策の推進、インフラ老朽化対策、生産性向上に寄与する戦略的な社会資本整備、i-Construction の推進など我が国が直面する喫緊の課題に取り組むため、4つの分野に重点化して計上している。以下に概要を紹介する。

1. 平成 29 年度予算の基本方針

(全体方針)

平成 29 年度予算においては、東日本大震災や熊本地震等による「被災地の復旧・復興」を加速させるとともに、「国民の安全・安心の確保」、「生産性向上による成長力の強化」及び「地域の活性化と豊かな暮らしの実現」の4分野に重点化し、施策効果の早期発現を図る。

特に、激甚化する水害・土砂災害や切迫する巨大地震等から国民の生命と財産を守り、国土強靱化の取組を推進するため、防災意識社会への転換を図りつつ、ハード・ソフトを総動員した防災・減災対策を推進するとともに、戦略的なインフラ老朽化対策に取り組む。また、我が国の領土・領海を守るため、戦略的な海上保安体制を構築する。

あわせて、「成長と分配の好循環」による日本全体の成長力の底上げと地方創生を実現するため、ストック効果を重視した社会資本整備を推進するとともに、「コンパクト・プラス・ネットワーク」の形成や子どもから高齢者まで豊かに暮らせる住生活環境の整備など地域の魅力・活力の向上に取り組む。さらに、訪日外国人旅行者数 2020 年 4,000 万人等の目標達成を目指し、観光先進国の実現に取り組む。

(今後の社会資本整備)

今後の社会資本整備に当たっては、特に、生産性向上を導く社会資本のストック効果を重視することにより、我が国の成長を支えていくことが重要である。ストック効果の高い公共投資により経済成長を図り、経済再生と財政健全化の双方を実現するため、必要な公共事業予算を安定的・持続的に確保する。

(民間資金・ノウハウの活用等)

限られた財政資源の中での効率的な事業執行に向け、地域のニーズを踏まえつつ、情報公開を徹底して、投資効果や必要性の高い事

業への重点化を進めるとともに、地域活性化にも資する PPP/PFI の推進等により民間資金やノウハウを積極的に活用する。

(公共事業の効率化・円滑な実施)

公共事業の効率的・円滑な実施を図るため、改正品確法の趣旨を踏まえ、適正価格・工期での契約、地域企業の活用等に配慮しつつ適切な規模での発注、工事の品質確保等に取り組む。あわせて、国庫債務負担行為の活用等による施工時期の平準化や ICT の全面的な活用等による i-Construction を推進する。

2. 平成 29 年度国土交通省関係予算（国費）

事業毎の予算を表—1 に示す。

3. 予算の概要

3.1 被災地の復旧・復興

- (1) 平成 28 年度から平成 32 年度までの復興・創生期間における新たな枠組みに基づき、東日本大震災からの復興を加速。
- (2) 熊本地震や鳥取県中部地震、相次ぐ台風により被災した地域における基幹インフラの復旧等を着実に推進。

(1) 東日本大震災からの復興・創生

(注) 復興庁計上

- (a) 住宅再建・復興まちづくりの加速…………… 2 億円
被災地における住宅再建・復興まちづくりの取組を着実に推進する。
- (b) インフラの整備…………… 2,833 億円
被災地の迅速な復興に必要なインフラの着実な整備を進める。
- (c) 被災地の公共交通に対する支援…………… 14 億円
被災地の暮らしを支える被災地のバス交通等について、住宅再建・復興まちづくりの進捗に応じた柔軟な支援を継続する。
- (d) 被災地の観光振興…………… 46 億円
風評被害払拭のため、地域の発案によるインパウンドの取組を支援し、観光魅力を海外へ発信するとともに、福島県の震災復興に資する国内観光関連事業を支援する。

(2) 熊本地震や鳥取県中部地震、相次ぐ台風による豪雨からの復旧・復興

熊本地震や鳥取県中部地震、相次ぐ台風による豪雨で被災した地域の復旧・復興については、平成 28 年度当初予算・補正予算を活用して迅速な復旧・復興に向けた取組を進めてきたところであるが、引き続き、災害復旧事業や防災・安全交付金等を活用し、基幹イン

フラの整備、被災地の住宅再建・宅地の復旧や公共交通・観光振興等に対する支援を着実に推進する。

3.2 国民の安全・安心の確保

- (1) 激甚化する水害・土砂災害、切迫する巨大地震等に備えるため、既存施設の有効活用、真に必要な事業への重点化を図りつつ、ハード・ソフトを総動員した防災・減災対策を推進。
- (2) 加速するインフラ老朽化に対応する戦略的な維持管理・更新。
- (3) 密集市街地対策、住宅・建築物の耐震化や公共交通における安全対策、無電柱化の推進等により生活空間における安全・安心を確保。
- (4) 領海警備等に万全を期すための戦略的海上保安体制を構築等。

(1) ハード・ソフトを総動員した防災・減災対策の推進

※計数については、一部重複がある。

- (a) ^{みず}水防災意識社会の再構築に向けた水害対策や土砂・火山災害対策の推進…………… 4,735 億 (1.03)
- 洪水による氾濫の発生に社会全体で備えるためのハード・ソフト一体となった予防的対策や、斜面崩壊・火山噴火への集中的・広域的な対策等を強化する。

- (b) 被害想定・リスク情報の共有等による災害対応の強化…………… 12 億円 (1.53)
- 大規模な洪水・高潮や集中豪雨による内水及び土砂災害を対象として、ICT 等も活用しつつ、緊急的、総合的な対策に省横断的に取り組む。

- (c) 南海トラフ巨大地震・首都直下地震対策等の推進…………… 1,622 億円 (1.06)
- 「防災意識社会」への転換を進めるとともに、南海トラフ巨大地震等の発生に備え、想定される具体的な被害特性に合わせた対策を省の総力を挙げて推進する。

- (d) 火山、地震、津波、台風、集中豪雨等に対する観測・監視体制の強化…………… 57 億円 (2.85)
- 火山、地震、津波、台風、集中豪雨等に対する観測・監視体制を強化するとともに、防災気象情報等の高度化を推進する。

- (e) 災害時における人流・物流の確保…………… 4,517 億円 (1.06)
- 災害発生時に備えて、陸上・海上輸送ルートの整備、耐震対策、啓開体制、情報提供体制の構築等を推進する。

(2) インフラ老朽化対策の推進

- (a) インフラ老朽化に対応する戦略的な維持管理・更新の推進…………… 4,249 億円 (1.05)
- 国民の安全・安心の確保等のため、インフラ長寿命化計画（行動計画）に基づき、将来にわたって必要なインフラの機能を発揮し続けるための取組を推進する。

- (b) 次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の推進…………… 0.6 億円 (1.00)
- 社会インフラの老朽化に対し、より効果的・効率的に対応できる

ロボットの開発・導入を促進するため、現場での実際の点検と同等の環境下で性能等の検証を行う。

(3) 生活空間の安全・安心の確保

- (a) 密集市街地対策の推進、住宅・建築物の耐震化の促進…………… 180 億円 (1.00)
- 大規模地震の発生時における人的・経済的被害の軽減を図るため、密集市街地の改善や住宅・建築物の耐震化を積極的に推進する。
- (b) 公共交通における安全・安心の確保…………… 3 億円 (3.51)
- 自動車、航空、船舶など公共交通における安全・安心の確保のための取組を推進する。
- (c) 踏切や通学路等の生活空間等における交通安全対策の推進…………… 2 億円 (1.21)
- 生活空間等における交通安全確保のため、ビッグデータを活用した生活道路の速度超過箇所・急ブレーキ箇所等の対策や踏切対策、無電柱化等を推進する。

(4) 地域における総合的な防災・減災対策、老朽化対策等に対する集中的支援

- (a) 地域における総合的な防災・減災対策、老朽化対策等に対する集中的支援（防災・安全交付金）…………… 11,057 億円 (1.01)
- 頻発する風水害・土砂災害や大規模地震・津波に対する防災・減災対策、インフラ長寿命化計画を踏まえた老朽化対策等、地域における総合的な取組を集中支援する。

(5) 戦略的海上保安体制の構築等

- (a) 戦略的海上保安体制の構築等…………… 548 億円 (1.44)
- 我が国周辺海域の重大な事案に対応する緊急的な体制整備を推進するとともに、様々な不法行為等に対応するため、戦略的海上保安体制の構築等を推進する。

3.3 生産性向上による成長力の強化

- (1) 民間投資の誘発等のストック効果を重視し、生産性向上に寄与する戦略的な社会資本整備を推進。
 - (2) 訪日外国人旅行者数 2020 年 4,000 万人、2030 年 6,000 万人を目指し、観光先進国の実現に向けた取組を推進。
 - (3) PPP/PFI の推進やインフラシステムの海外展開等を通じて新たな有望成長市場の創出を図り、民間のビジネス機会を拡大。
 - (4) 現場を支える人材の確保・育成対策に加え、物流の生産性向上や i-Construction（建設現場の生産性向上）を推進。
 - (5) オリンピック・パラリンピック東京大会に向けた対応を推進。
- ※ (1)～(5)に係る一般会計予算のほかに、現下の低金利状況を活かし財投債を原資とする財政投融資の手法を活用することにより、リニア中央新幹線的全線開業の最大 8 年前倒しを図る。（財政融資：1.5 兆円）

／ 統 計

(1) ストック効果を重視した生産性向上に寄与する戦略的な社会資本整備

(a) 効率的な物流ネットワークの強化…………… 2,529 億円 (1.06)
大都市圏環状道路等の整備やピンポイント渋滞対策等を併せて推進し、交通渋滞の緩和等による迅速・円滑で競争力の高い物流ネットワークの実現を図る。

(b) 都市の国際競争力の強化 …………… 94 億円 (1.10)
都市機能の集積や交通利便性及び防災機能の向上を図り、国際競争力強化のための大規模都市開発プロジェクトを推進するとともに、シティセールスを強化する。

(c) 首都圏空港等の機能強化……………154 億円 (1.01)
首都圏空港等において、国際競争力を強化し、経済成長を促進するため、機能強化に必要な施設整備等を重点的に実施する。

(d) 地方空港・地方航空ネットワークの活性化…415 億円 (1.08)
訪日外国人旅行者の受入環境整備を推進するとともに、地方航空ネットワークの安定的な確保に向けて総合的な支援を実施する。

(e) 整備新幹線の着実な整備……………755 億円 (1.00)
我が国の基幹的な高速輸送体系を形成する整備新幹線について、着実に整備を進める。

(f) 鉄道ネットワークの充実……………188 億円 (1.00)
※計数については、一部重複がある。

都市内の移動円滑化によるビジネス効率向上等のため、都市鉄道ネットワークの充実等を推進する。また、幹線鉄道ネットワーク等のあり方に関する調査を行う。

(g) 国際コンテナ戦略港湾等の機能強化 ……………841 億円 (1.03)
我が国の産業競争力を強化するため、コンテナ船の基幹航路の維持・拡大を図るとともに、資源・エネルギー等の安定的かつ効率的な海上輸送網の形成を推進する。

(h) 地域の基幹産業の競争力強化のための港湾整備
……………113 億円 (1.03)
地域の雇用と所得を維持・創出するため、地域の基幹産業を支える産業物流の効率化及び企業活動の活性化に直結する港湾施設の整備を推進する。

(i) 成長の基盤となる社会資本整備の総合的支援（社会資本整備総合交付金）…………… 8,940 億円 (1.00)
湾岸・空港・IC等の整備と連携して行われるアクセス道路など成長基盤の整備や、PPP/PFIの活用により民間投資を誘発する取組等を重点的に支援する。

(2) 観光先進国の実現に向けた取組の推進

(a) 観光産業の革新と国際競争力の強化…………… 94 億円 (1.06)
地域の雇用を生み出し、国際競争力のある観光産業への変革を図るとともに、地方への誘客、観光消費拡大のため、訪日プロモーションの戦略的高度化を図る。

(b) ストレスなく快適な旅行環境の整備 ……………224 億円 (2.29)
訪日外国人旅行者がストレスなく快適に観光を満喫できるよう、滞在時の快適性・観光地の魅力向上や観光地までの移動円滑化等を図る。

(c) 観光資源の魅力向上…………… 28 億円 (1.00)
国内観光を復興するため、地域の観光資源を活かした魅力ある観光地域づくりと新たな旅行需要の創出を図る。

(d) 社会資本整備と一体となった観光振興
各地域において、社会資本整備と一体となった観光振興の取組を促進し、観光振興への社会資本の利活用を推進する。

(3) 民間のビジネス機会の拡大

(a) PPP/PFIの推進 ……………277 億円 (1.03)
民間の資金やノウハウを活用したPPP/PFIの推進により、民間のビジネス機会の創出を図ることで、経済成長を促進させる。

(b) 土地情報の拡充等による不動産の取引・投資環境の整備
……………107 億円 (1.01)
地籍整備・地価公示や国が保有する不動産の情報の公開・利用環境の整備等により、土地・不動産の流動化を通じた有効活用や需給ミスマッチの解消等を図る。

(c) インフラシステム輸出戦略の推進…………… 37 億円 (1.14)
「質の高いインフラ輸出拡大イニシアティブ」等に基づき、インフラシステム海外展開を一層強化し、我が国企業の受注増加を目指す。

(d) 海洋開発等の戦略的な推進、造船・海運の技術革新の推進
(i-Shipping) ……………157 億円 (1.06)
海洋資源・エネルギー等の開発・利用のための取組、海洋権益の保全・確保に関する取組等を推進するとともに、造船・海運の技術革新(i-Shipping)を推進する。

(4) 現場を支える技能人材の確保・育成等

(a) 建設業、運輸業、造船業等における人材確保・育成、物流の生産性向上…………… 34 億円 (1.10)
現場を支える技能人材の確保・育成や生産性の向上のため、賃金等の処遇改善、女性や外国人等の人材活用、教育訓練の充実、現場の省力化等を官民一体で推進する。

(b) i-Constructionの推進 …………… 3 億円 (皆増)
ICT土工等のトップランナー施策の着実な推進や地方公共団体への拡大をはじめ、コンソーシアムを通じた研究開発や土工以外へのICTの導入・拡大等に取り組む。

(5) オリンピック・パラリンピック東京大会に向けた対応

大会の開催に向けて、交通手段の確保やバリアフリー化、会場や周辺地域の環境整備、戦略的な訪日プロモーションの展開等を行う。

3.4 地域の活性化と豊かな暮らしの実現

- (1) 既存施設の集約・再編、地域の公共交通ネットワークの再構築等による「コンパクト・プラス・ネットワーク」を形成。
- (2) 子育てがしやすく、子どもから高齢者まで豊かに暮らせる住生活環境の整備を促進。
- (3) 個性や資源を活かした地域の魅力・活力を向上。

(1) コンパクト・プラス・ネットワークの形成

- (a) 都市機能の集約・再編等によるコンパクトシティ施策の推進
166 億円 (1.00)

子育て世代や高齢者が安心できる生活環境、持続可能な地域経済圏の実現、まちの賑わいを創出するため、都市機能の集約・再編等によるコンパクトシティを推進する。

- (b) 道路ネットワークによる地域・拠点の連携【再掲】
 3,693 億円 (1.04)

個性ある地域や小さな拠点を道路ネットワークでつなぐことで、広域的な経済・生活圏の形成を促進する。

- (c) 地域公共交通ネットワークの再構築等.....245 億円 (0.96)
 ※Ⅲ(2)(b)の公共交通機関における移動円滑化関連施策と連携し、事業を実施

地域公共交通ネットワークの充実・再編等の取組に対する各種支援を着実に実施するとともに、交通政策基本計画の施策を推進するための調査を実施する。

- (d) 地域の広域的な連携と「小さな拠点」の形成推進
3 億円 (1.20)

対流促進型国土の形成に向け、広域的なインフラや地域資源を活かした広域連携や、道の駅等も活用した、「小さな拠点」を核とする集落生活圏の形成等を推進する。

(2) 安心して暮らせる住まいの確保と魅力ある住生活環境の整備

※計数については、一部重複がある。

- (a) 空き家対策の推進、既存住宅流通・リフォーム市場の活性化
 80 億円 (1.08)

市町村等の空き家対策の取組の支援とともに、新たな住宅循環システム構築に向けて、既存ストックの質の向上と既存住宅流通・リフォーム市場の環境整備を図る。

- (b) 子育て世帯や高齢者世帯が安心して暮らせる住まいの確保
 1,106 億円 (1.01)

若年・子育て世帯や高齢者世帯が安心して住まうことができる住宅や地域ぐるみで子どもを育む住環境を整備する。

- (c) 省エネ住宅・建築物の普及.....223 億円 (1.01)
 新たなエネルギー基本計画等を踏まえ、新築住宅・建築物の

2020 年度までの省エネルギー基準への段階的な適合に対応した省エネ住宅・建築物等の普及を促進する。

(3) 地域の魅力・活力の向上

- (a) 景観等を活かしたまちづくりの推進.....339 億円 (1.06)
 景観等の地域資源、都市の緑地や農地を活かした魅力あるまちづくりを推進する。

- (b) バリアフリー・ユニバーサルデザイン化等の推進
 27 億円 (1.14)

子育てや高齢者、障害者等に配慮した環境を整備するため、鉄道駅におけるバリアフリー施設の整備やバリアフリー化対策を講じた道路空間の創出等を推進する。

- (c) 離島、奄美群島、小笠原諸島、半島等の条件不利地域の振興支援..... 52 億円 (1.16)

離島、奄美群島、小笠原諸島、半島等の条件不利地域について、地域資源や創意工夫等を活かした取組に対する支援を行う。

- (d) アイス文化復興等の促進のための民族共生象徴空間の整備
6 億円 (4.60)

民族共生の象徴空間の整備によるアイヌ文化復興等の促進やアイヌ文化に関する国内外との交流の拡大に取り組む。

(4) 地域と豊かな暮らしを支える社会資本整備の総合的支援

- (a) 地域と豊かな暮らしを支える社会資本整備の総合的支援
 (社会資本整備総合交付金)【再掲】 8,940 億円 (1.00)

コンパクト・プラス・ネットワークの推進に資する取組や子育て世帯・高齢者に対応した地域と暮らしの魅力の向上に資する取組等を重点的に支援する。

おわりに

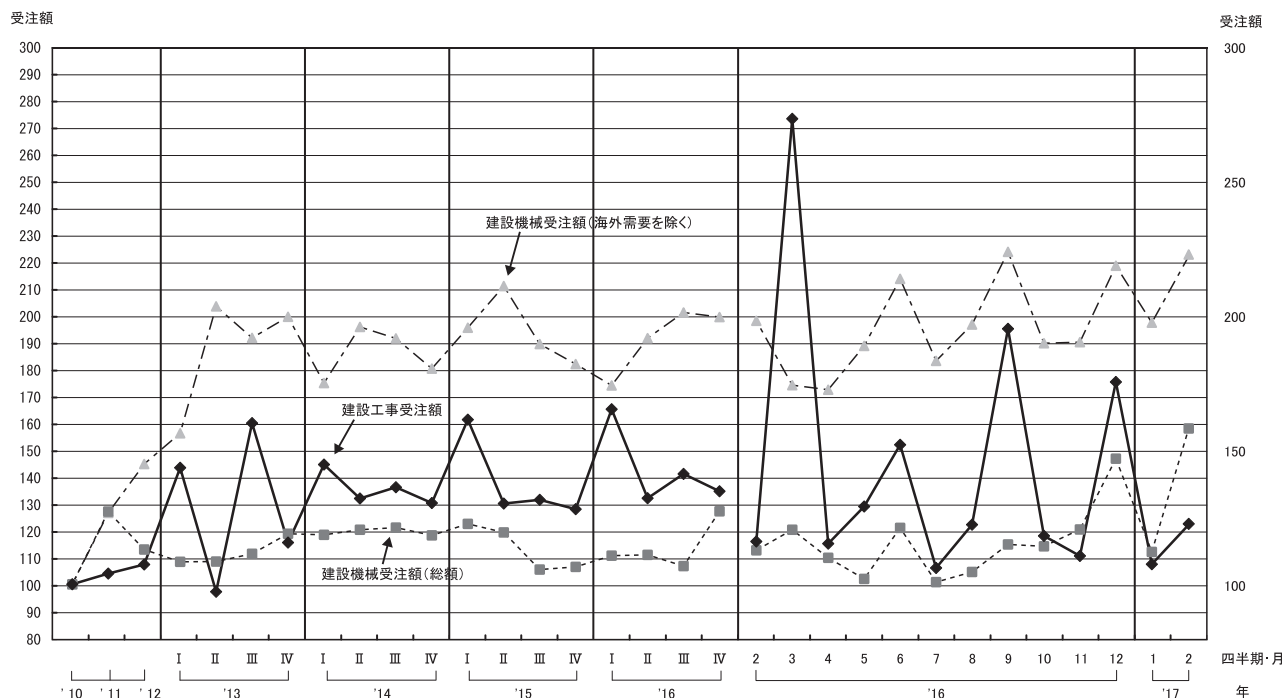
平成 29 年度予算は、個人消費が伸びない中で、景気を支えるためには公共工事の 8 割程度を占める国土交通省予算の早期執行が望まれる。また、i-Construction の推進によって生産性が向上し、魅力ある建設現場が実現することが期待される。

[文責：小笠原]

統計 機関誌編集委員会

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 2010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 2010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							
2010 年	102,466	69,436	11,355	58,182	22,101	5,472	5,459	71,057	31,408	107,613	106,112
2011 年	106,577	73,257	15,618	57,640	22,806	4,835	5,680	73,983	32,596	112,078	105,059
2012 年	110,000	73,979	14,845	59,133	26,192	4,896	4,933	76,625	33,374	113,146	111,076
2013 年	132,378	89,133	14,681	74,453	31,155	4,660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
2014 年	139,286	80,477	16,175	64,302	43,103	4,822	10,887	86,537	52,748	138,286	125,978
2015 年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4,993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2016 年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5,247	3,309	98,626	48,366	151,269	10,310
2016 年 2 月	9,906	6,887	1,360	5,527	2,394	443	183	6,520	3,386	142,223	10,642
3 月	23,414	15,234	1,823	13,411	7,211	557	411	15,157	8,257	144,084	18,435
4 月	9,838	6,613	1,786	4,827	2,588	503	135	6,103	3,736	143,928	8,278
5 月	11,022	8,540	1,160	7,380	1,609	642	231	8,464	2,559	146,155	9,119
6 月	12,993	8,802	2,009	6,793	3,555	404	232	8,832	4,161	145,673	12,638
7 月	9,061	6,800	1,179	5,622	1,874	276	110	6,169	2,891	146,252	9,138
8 月	10,444	6,552	1,178	5,374	3,135	375	382	6,439	4,005	147,613	9,886
9 月	16,699	9,766	1,619	8,146	6,810	510	-387	10,458	6,241	151,671	12,624
10 月	10,084	7,069	1,071	5,998	2,266	376	373	6,792	3,291	151,397	9,684
11 月	9,445	7,227	1,581	5,646	1,654	394	171	6,838	2,608	151,269	10,310
12 月	15,004	10,262	1,835	8,427	3,609	423	710	10,751	4,253	153,050	13,787
2017 年 1 月	9,177	6,865	1,181	5,683	1,727	391	194	6,526	2,651	152,200	9,298
2 月	10,468	6,785	1,638	5,147	3,044	396	243	6,717	3,750	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	10 年	11 年	12 年	13 年	14 年	15 年	16 年	16 年 2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	17 年 1 月	2 月
総 額	15,342	19,520	17,343	17,152	18,346	17,416	17,478	1,441	1,539	1,405	1,304	1,548	1,289	1,337	1,469	1,460	1,541	1,880	1,433	2,024
海 外 需 要	11,904	15,163	12,357	10,682	11,949	10,712	10,875	872	1,039	910	762	934	763	772	826	915	995	1,252	866	1,384
海外需要を除く	3,438	4,357	4,986	6,470	6,397	6,704	6,603	569	500	495	542	614	526	565	643	545	546	628	567	640

(注) 2010～2012 年は年平均で、2013～2016 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2016 年 2 月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査

内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

行事一覧

(2017年3月1日～31日)

機械部会



■基礎工事用機械技術委員会

月 日：3月8日（水）

出席者：関徹也委員長ほか16名

議 題：①i-Construction 対応技術について ②凍土の方式について ③レーダ付ボーリングについて ④流動閉塞杭について ⑤平成29年度の委員会活動計画について ⑥見学会の候補地について

■除雪機械技術委員会

月 日：3月14日（火）

出席者：江本平委員長ほか16名

議 題：①ホームページの作成について ②ロータリ除雪の安全対策について ③除雪機械の変遷について ④除雪機械技術ハンドブックの見直しについて ⑤除雪現場見学会の報告 ⑥除雪機械の未来像について（各社よりICT関連技術の紹介 ⑦平成28年度活動実績と平成29年度の活動計画について ⑧工場見学について

■トンネル機械技術委員会 幹事会

月 日：3月14日（火）

出席者：岩野健委員長ほか6名

議 題：①平成28年度の委員会活動実績について ②平成29年度の委員会運営について ③委員会総会の内容について

■ダンプトラック技術委員会

月 日：3月23日（木）

出席者：田中哲委員長ほか3名

議 題：①各社トビックスについて ②平成29年度の活動計画について ③建設業部会の建設機械 事故・災害分析について ④標準部よりスキッドステアローダの1本レバーについて ⑤ホームページ改訂について

■路盤・舗装機械技術委員会 下期総会

月 日：3月24日（金）

出席者：山口達也委員長ほか32名

議 題：①委員長挨拶 ②平成28年度の活動結果と平成29年度の活動計画について ③技術発表…1) アスファルトフィニッシャーのフェーム対策, 2) 歩行者検知警戒システム, 3) 情報化機器保有数調査結果, 4) ドローンの活用 ④i-Construction への取組について…1) 最新機器情報の説明発表

5社, 2) JCMA の取組状況について ⑤JCMA 標準部と技術からの連絡, 報告事項 ⑥JCMA 業務執行理事からの挨拶

■ショベル技術委員会

月 日：3月27日（月）

出席者：尾上裕委員長ほか10名

議 題：①委員長及び各社委員の交代者挨拶 ②次期燃費基準について ③建設業部会の建設機械 事故・災害分析について ④ホームページの内容改訂について ⑤平成29年度の委員会運営テーマと予定について

■情報化機器技術委員会

月 日：3月31日（金）

出席者：白塚敬三委員長ほか5名

議 題：①合同部会の報告 ②建設業部会の建設機械 事故・災害分析について ③運営幹事会の報告 ④平成29年度の委員会活動テーマについて ⑤最近のドローンの紹介 ⑥i-Construction の取組状況について ⑦ISO/TC127 広島国際会議について

製造業部会



■次期燃費基準について国交省と作業燃費検討WGとの意見交換

月 日：3月13日（月）

出席者：尾上裕主査ほか15名

議 題：①現状の各社の燃費申請状況 ②ハイブリッド建機の普及状況と問題点について ③今後の燃費基準についての予定と技術開発について等

建設業部会



■機械事故調査WG

月 日：3月1日（水）

出席者：松藤敏夫主査ほか6名

議 題：①2/22 合同部会報告 ②3/7 建設業部会発表資料・今年度報告・次年度計画等 ③公表に向けたデータ(2/15 締切見直し分)の検討 ④その他

■建設業部会

月 日：3月7日（火）

出席者：佐藤康部会長ほか17名

議 題：①平成29年度事業計画について ②平成28年度事業報告について ③中期事業計画・報告について, 3WG の活動報告・全体活動について (H29 見学会, 合同部会等) ④その他

■三役会

月 日：3月14日（火）

出席者：佐藤康部会長ほか4名

議 題：①平成28年度事業報告について ②3/7 開催建設業部会の反省 ③各WG 報告一継続・交代等の検討 ④その他, 平成29年度見学会の検討等

■機電交流企画WG

月 日：3月15日（水）

出席者：落合博幸主査ほか6名

議 題：①機電職員確保に向けたPR 活動パンフレットの最終確認 ②その他

レンタル業部会



■レンタル業部会

月 日：3月2日（木）

出席者：渡部純委員長ほか13名

議 題：①分科会活動状況報告 ②平成29年度事業計画及び平成28年度事業報告について ③各社の取組事項, 部会員共通の問題, 課題について ④その他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：3月1日（水）

出席者：見波潔委員長ほか16名

議 題：①平成29年6月号（第808号）の計画の審議・検討 ②平成29年7月号（第809号）の素案の審議・検討 ③平成29年8月号（第810号）の編集方針の審議・検討 ④平成29年3月号～平成29年5月号（第805～807号）の進捗状況報告・確認

■新機種調査分科会

月 日：3月2日（木）

出席者：江本平分科会長ほか4名

議 題：①新機種情報の持ち寄り検討 ②新機種紹介データまとめ ③その他

■新機種調査分科会

月 日：3月27日（月）

出席者：江本平分科会長ほか3名

議 題：①新機種情報の持ち寄り検討 ②新機種紹介データまとめ ③その他

支部行事一覧

北海道支部



■広報部会

月 日：3月1日（水）

場 所：北海道支部会議室

出席者：川崎博巳広報部会長ほか10名
内 容：①平成28年度の事業報告について…支部だより No.113 号の発行に

ついて ②平成 29 年度の事業計画について…支部講演会について、建設工事等見学会について ③その他

■調査部会

月 日：3月2日（木）
場 所：北海道支部会議室
出席者：渡辺総悦調査部会長ほか7名
内 容：①平成 28 年度の事業報告について ②平成 29 年度の事業計画について ③その他

■技術部会

月 日：3月3日（金）
場 所：さつけんビル 6 階会議室
出席者：服部健作技術部会長ほか15名
内 容：①平成 28 年度の事業報告について ②平成 29 年度の事業計画について ③その他…除雪機械技術講習会の取組について

■「2017 ふゆトピア in 函館」実行委員会

月 日：3月8日（水）
場 所：北海道開発局 15F 特別会議室
出席者：今日出入北海道開発局長ほか22名（石塚事務局長出席）
議 題：①開催報告等 ②会計収支報告 ③その他

■北海道開発局との意見交換会

月 日：3月17日（金）
場 所：さつけんビル 6 階会議室
出席者：熊谷勝弘支部長ほか37名
内 容：①北海道開発局からの情報提供…北海道総合開発計画について、建設機械（維持除雪機械）について、i-Construction について ②JCMA からの情報提供…i-Construction について ③支部会員からの意見・要望事項について ④意見交換

■平成 28 年度第 2 回 ICT 活用施工連絡会

月 日：3月22日（水）
場 所：さつけんビル 6 階会議室
出席者：石塚芳文事務局長ほか40名
議 題：①i-Construction に関する情報連絡 ②平成 28 年度 ICT 活用施工連絡会活動報告 ③平成 29 年度 ICT 活用施工連絡会活動計画 ④意見交換

■平成 28 年度除雪現場の省力化による生産性・安全性の向上に関する取組プラットフォーム（第 1 回）

月 日：3月28日（火）
場 所：札幌第 1 合同庁舎 10F 共用第 1 会議室
出席者：石塚芳文事務局長ほか13名
議 題：①プラットフォーム設立の背景・課題 ②活動概要 ③暴風雪による通行止めの現状と将来の目標（案） ④具体的な取組（案） ⑤その他

東 北 支 部



■東北土木技術人材育成協議会

月 日：3月1日（水）
場 所：整備局 東北技術事務所 会議室
出席者：東北地方整備局 渡邊泰也企画部長ほか23名
議 題：①協議会の設立について ②覚書調印 ③今後のスケジュールについて

■第 3 回 支部運営委員会

月 日：3月6日（月）
場 所：仙台市 バレス宮城野
出席者：高橋弘支部長ほか25名
議 題：①平成 29 年度事業計画（案）について ②平成 29 年度事業予算（案）について ③その他

■東北土木技術人材育成協議会 ワーキング会議

月 日：3月24日（金）
場 所：整備局 東北技術事務所 会議室
出席者：東北地方整備局 渡邊泰也企画部長ほか12名
議 題：①基礎技術講習会の確認事項について ②平成 29 年度 基礎技術講習会の日程について ③カリキュラムにおける役割分担について

北 陸 支 部



■「けんせつフェア北陸 in 新潟 2017」第 1 回実行委員会

月 日：3月2日（木）
場 所：北陸地方整備局
出席者：丸山暉彦支部長（代理出席穂苅正昭企画部会長）
議 題：①実行委員会規約（案） ②基本計画（案） ③予算（案）他

■新技術評価会議

月 日：3月3日（金）
場 所：北陸地方整備局
出席者：藤田明施工技術部会長
議 題：新技術活用評価

■北陸 ICT 推進戦略委員会

月 日：3月15日（水）
場 所：北陸地方整備局
出席者：藤田明施工技術部会長（代理出席宮村兵衛事務局長）
議 題：①規約改正 ②平成 28 年度の取組状況 ③平成 29 年度の取組計画

■平成 28 年度第 2 回企画部会

月 日：3月16日（木）
場 所：新潟県建設会館
出席者：穂苅正昭企画部会長ほか13名
議 題：①平成 28 年度事業報告（中間）

及び平成 28 年度決算報告（見込み）
②平成 29 年度事業計画（案）及び予算（案） ③その他

■平成 28 年度第 2 回運営委員会

月 日：3月22日（水）
場 所：新潟東映ホテル
出席者：丸山暉彦支部長ほか16名
議 題：①平成 28 年度事業報告（中間）及び平成 28 年度決算報告（見込み） ②平成 29 年度事業計画（案）及び予算（案） ③その他

■i-Construction セミナー in 北陸

月 日：3月23日（木）
場 所：新潟ユニゾンプラザ
演題及び講師：①「i-Construction の推進について」…北陸地方整備局 岩見吉輝建政部長 ②「情報化施工から i-Construction へ」…施工技術総合研究所 研究三部 藤島崇次長
聴講者：196 名

中 部 支 部



■第 2 回部会長・副部会長会議

月 日：3月9日（木）
出席者：川西光照企画部会長ほか8名
場 所：愛知県名古屋市中区三愛ビル
議 題：①平成 28 年度事業報告（案） ②平成 28 年度決算報告（概算） ③平成 29 年度事業計画（案） ④平成 29 年度収支予算（案）等

■南海トラフ地震対策中部圏戦略会議・第 7 回幹事会

月 日：3月14日（火）
場 所：名古屋市熱田区名古屋国際会議場
支部出席者：原一儀災害対策部会長
議 題：南海トラフ地震対策中部圏戦略会議活動計画等

■第 3 回運営委員会

月 日：3月15日（水）
場 所：愛知県名古屋市中区桜華会館
参加者：所輝雄支部長ほか21名
議 題：①平成 28 年度事業報告（案） ②平成 28 年度決算報告（概算） ③平成 29 年度事業計画（案） ④平成 29 年度収支予算（案）等

■企画部会

月 日：3月22日（水）
出席者：川西光照企画部会長ほか5名
場 所：愛知県名古屋市中区三愛ビル
議 題：平成 29 年度総会についての打合せ等

関西支部



■企画部会

月 日：3月6日（月）
場 所：関西支部 会議室
出席者：溝田寿企画部会長以下7名
議 題：①平成29年度事業計画（案）、
平成29年度予算（案）について
②会員入退会について ③優良建設機
械運転員等表彰について ④その他

■運営委員会

月 日：3月7日（火）
場 所：大阪キャッスルホテル 会議室
出席者：深川良一支部長以下20名
議 題：①平成29年度事業計画（案）
②平成29年度予算（案） ③その他

■建設用電気設備特別専門委員会（第433回）

月 日：3月28日（火）
場 所：中央電気倶楽部 会議室
議 題：①前回議事録確認 ②「JEM-
TR246 建設用電気設備の接地工事指
針」改正案 ③その他

中国支部



■第3回部会長会議

月 日：3月16日（木）
場 所：広島 YMCA 会議室
出席者：鷺田治通企画部会長ほか6名
議 題：①運営委員会（3月期）につい
て ②第6回通常総会について ③そ
の他懸案事項

■第5回開発普及部会

月 日：3月16日（木）
場 所：中国支部事務所
出席者：飯國卓夫部会長ほか3名
議 題：①平成29年度部会事業活動に

ついて ②第40回新技術・新工法発
表会について ③その他懸案事項

■3月期運営委員会

月 日：3月24日（金）
場 所：広島 YMCA 会議室
出席者：河原能久支部長ほか17名
議 事：①平成29年度事業計画（案）
に関する件 ②平成29年度収支予算
（案）に関する件 ③その他懸案事項

四国支部



■国交省との共催事業「H28（松山管内） 遠隔操縦式バックホウ操作訓練」

月 日：3月1日（水）～3日（金）
場 所：重信川河川敷（愛媛県東温市上
村地先）
受講者：松山管内河川・道路維持業者等
14名
訓練評価者：岩澤委式事務局長
内 容：①0.45m³級バックホウを目視
及びカメラ映像により遠隔操縦 ②訓
練前後のオペレータの投量変化を評価
③講習修了証の交付

■防災協定関連「四国広域道路啓開計画」 説明会

月 日：3月10日（金）
場 所：高松サンポート合同庁舎 1306
会議室（高松市）
出席者：伊賀技術部会長ほか1名

■H28第3回運営委員会

月 日：3月17日（金）
場 所：ホテルパールガーデン（高松市）
出席者：長谷川修一支部長ほか20名
内 容：①平成29年度事業計画（案）
について ②平成29年度予算書（案）
について ③平成29年度団体会員、
永年勤続役職員、優良建設機械運転員・
整備員等の表彰予定者について ④人

事異動等に伴う役員等の変更について

■防災等に関する講習会

月 日：3月17日（金）
場 所：建設クリエイティブル大会議室（高
松市）
参加者：40名
内 容：①建設業に必要な地盤災害の知
識…長谷川修一香川大学工学部教授
（副学部長） ②四国地方整備局の防災
減災活動について…宮武敏男四国地方
整備局防災課長

■防災協定関連「平成28年度四国道路啓 開等協議会」

月 日：3月27日（月）
場 所：高松サンポート合同庁舎 1306・
1307 会議室（高松市）
出席者：岩澤委式事務局長がオブ参加

■支部機関誌「しこく No.98」を発刊

月 日：3月30日（木）
配付部数：約240部
配布先：支部役員・団体会員ほか関係機
関等約200箇所

九州支部



■企画委員会

月 日：3月15日（水）
出席者：久保田正春企画委員長ほか9名
議 題：①第3回運営委員会の運営につ
いて ②本部及び支部の総会等開催計
画について ③平成29年度大規模津
波総合訓練について ④その他

■運営委員会

月 日：3月15日（水）
出席者：江崎哲郎支部長ほか22名
議 題：①平成29年度事業計画書（案）
に関する件 ②平成29年度収支予算
書（案）に関する件

編集後記

汚染土壌対策に起因する築地市場の豊洲への移転延期問題、本5月号の編集後記として記しておきますが、数か月、数年後に本誌を読み返した時、この問題はどのように解決されているのでしょうか？

5月号は、「解体とリサイクル、廃棄物処理」を特集テーマに建築・土木構造物の解体、建設廃材のリサイクルに関する技術、工法を紹介すると共に、廃棄物の処理技術、さらに、東日本大震災に伴い国民が直面することとなった放射性廃棄物や、(豊洲問題で認識が高まった)汚染土壌対策などについて紹介させていただきました。

巻頭言は環境地盤工学研究所の嘉門理事長にお願いしました。建設系廃棄物が現場の外に出た後、どのように処理されているのかという実態はあまり知られていないように思えます。しかしながら、廃棄物が適正に処理されなければ環境劣化や再整備もできないはずです。そのために

は建設・土木・機械の技術ならびに行政が、廃棄物の処理、リサイクルに積極的に取り組み、発展して行かなければならないこと、業界へのエールを頂いたような気持ちです。

余談ですが、「イタリア人は、自分で出したゴミも処理出来ないのに、放射性廃棄物の処理なんて出来る訳がない。だから、原発には手を出さない」とテレビのインタビューでイタリア婦人が答えていたのを覚えています。イタリア人と日本人の気質の違いを皮肉って言ったものでしょうが、イタリアと同様に資源の少ない日本が、解体・リサイクル技術や、廃棄物の処理技術で、環境創生や、復興に取り組む姿勢を賞賛されたものと思いました。今回の特集を担当し、このような機関誌で、これらの技術を紹介し、将来の積極的な取り組みに生かしていくことの重要性を再認識した次第です。

最後になりますが、お忙しいなか快く執筆・ご寄稿をいただきました関係者の皆様に心より御礼を申し上げます。(上田・竹田)

機関誌編集委員会

編集顧問

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

編集委員長

見波 潔 村本建設(株)

編集委員

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

事務局

日本建設機械施工協会

6月号「都市環境、都市基盤整備、自然再生等特集」予告

・整備新幹線の軌道・電気工事用機械 ・地下水流動を妨げずに事業継続できる汚染地下水の拡散防止技術 ・硬質粘土塊を対象とした自然由来砒素の浄化技術 ・微生物を利用した水銀汚染土壌の浄化技術 ・小規模閉鎖性水域に礫間接触酸化槽と植生浮島を適用した水質浄化事例
・集中豪雨時の道路冠水対策・河川氾濫対策 樹脂製雨水貯留浸透槽の道路下への適用 ・多発する集中豪雨に対応した高機能雨水貯留施設の開発 ・建設工事における生物多様性保全および環境創造技術 ・敷地の潜在的な力を引き出す自然再生による「六花の森」プロジェクト ・湘南港人工タイドプールの生態学的評価 ・転炉系製鋼スラグ資材を用いた海域環境造成技術の開発
・樹木対応型壁面緑化システムの開発 ・時代の建層

【年間購読ご希望の方】

①お近くの書店でのお申込み・お取り寄せ可能です。 ②協会本部へお申し込みの場合「図書購入申込書」に以下事項をもれなく記入のうえFAXにて協会本部へお申込み下さい。

…官公庁／会社名、所属部課名、担当者氏名、住所、TELおよびFAX

年間購読料(12冊) 9,252円(税・送料込)

建設機械施工

第69巻第5号(2017年5月号)(通巻807号)

Vol.69 No.5 May 2017

2017(平成29)年5月20日印刷

2017(平成29)年5月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 辻 靖三

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 本部 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話 (03) 3433-1501; Fax (03) 3432-0289; <http://www.jcmanet.or.jp/>

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

本誌上への
の広告は



有限会社 サンタナ アートワークスまでお申し込み、お問い合わせ下さい。

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

E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他 産業機械用無線操縦装置

今や、業界唯一。
日本国内 自社自力生産・直接修理を实践中！

ポケットサイズ ハンディ～ショルダー機 フルラインアップ!!

ケーブルレス サテラ リンカー 離操作

Nシリーズ 微弱電波
Rシリーズ 産業用ラジコンバンド
Uシリーズ 429MHz帯 特定小電力
Gシリーズ 1.2GHz帯 特定小電力
ポーバ 防爆形無線機

- ◆ 業界随一のフルラインの品揃えとオーダー対応制度で多様なニーズに対応！
- ◆ 常に！業界一のコストパフォーマンス！
- ◆ 迅速なメンテナンス体制！
- ◆ 未来を見据えた過去の実績を見て下さい！
代々互換性を継承、補修の永続制

新 スリムケーブルレス より安価なオーダー対応を実現！

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

2段階押しスイッチ
装着可能

モデルチェンジ！
内部設計を一新

全ての
互換を優先
しました

自由度の高い
多様なオーダー対応
ボタン配置自在／最大32点

優れた
耐塵・防雨性能
送信機はIP65相当

自社開発 高耐久性
2段階押しスイッチを
装着可能

パネルゴム突起で
操作クリック感が
向上

8操作標準型
RC-5808N

●8操作8リレー
●軽量コンパクト
受信機

セットで
15万円
(税抜価格)

12操作標準型
RC-5812N

●12操作12リレー
●照明出力リレーの
保持を標準採用

セットで
17万円
(税抜価格)

16ボタン
モデル

16操作標準型
RC-5816N

●16操作16リレー
●同じ外形で
16個のボタンを
コンパクトに配置

マイコンケーブルレス

N/U/Gシリーズ

標準型

RC-6016N

●16操作16リレー
最大25リレーまで
対応可能

セットで
20万円
(税抜価格)

防爆形 対応可能 (N/Uシリーズ)

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

標準型

RC-8616N

●16操作16リレー
最大32リレーまで
対応可能

セットで
22万円
(税抜価格)

モデルチェンジ！
内部設計を一新!!
全ての互換を優先しました。

頑強 ケーブルレス

N/U/Gシリーズ

堅牢なボディ
耐衝撃性能が向上

優れた
耐塵・防雨性能
送信機はIP65相当

ハンディなのに
特殊スイッチを
装着可能
特殊スイッチ

オーダー対応例

防爆形はTX-8400型送信機で対応 (Nシリーズのみ)

マイティサテラ

N/U/Gシリーズ

防爆形 対応可能 (Nシリーズのみ)

3ノッチジョイスティック型

RC-7132N

セットで
90万円
(税抜価格)

全押しボタン
RC-7126N

セットで
45万円
(税抜価格)

ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能

ジョイスティック
2本装着オーダー例

●操作信号数 最大32点
(またはプロボ最大6項目と入出力信号26点以下)

旧アンリツ製 デジタルテレコン
入替専用モデル

RC-7233UAN

3ノッチ
ジョイスティック型

RC-7233UAN

スイッチガード付き押しボタン

全押しボタン型
オーダー例

RC-7215U

チップケーブルレス

Nシリーズ

微弱電波モデル
対応

標準型

RC-3208N

●8操作
8リレー

セットで
12万円
(税抜価格)

片手で握り替えずに
正逆操作が入ります！

チップ部品採用で
ポケットサイズ化

トコト機能絞って
コストダウン

アルカリ乾電池なら
連続使用60時間以上

高い防水性能
送信機はIP65

ボタン部の突起
ボタン間の仕切り
一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

従来機と
信号互換あり！
受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

ケーブルレスミニ

微弱電波・ラジコンバンド
両モデル対応

N/Rシリーズ

●3操作3リレー
最大5リレーまで対応可能

特許！

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

標準型
RC-4303N/R

セットで
10万円
(税抜価格)

ポケットサイズの本格派!

リンカー 離操作

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

標準型

RC-2512N

●12操作12リレー
最大32リレーまで対応可能

●見易くなったLED電圧残量告知ランプ付

セットで
22万円
(税抜価格)

価格もサイズも
ハンディー並み!

軽量コンパクト
ショルダータイプ

無線化工事のことならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。

データケーブルレス

微弱電波・特定小電力
ラジコンバンド
全モデル対応

N/R/U/G
シリーズ

●機器間の信号伝送に!
●多心の有線配線の代わりに!

標準型 セットで

TC-1305R 20.5万円 (税抜価格)

TC-1308N (微弱電波) 22万円 (税抜価格)

工夫次第で用途は無限!

送信機
(外部接点入力型)

7100型

6300型

5700型

3200型

受信機

写真は
Uシリーズ

MAXサテラ

Uシリーズ
Gシリーズ

特定小電力
専用モデル

RC-9300U

●多機能多操作
(比例制御対応可)

ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能

金属シャーシの
多操作・特注仕様専用機!!

全押しボタン
装着タイプ

セットで
95万円
(税抜価格)

無線変速ジョイスティック
2本装着例

無線式火薬庫警報装置

発破番 ES-2000R

標準付属品付
セットで
40万円
(税抜価格)

2km～(6km)

ER-2000R (受信機) ET-2000R (送信機)

●長距離伝送
到達距離約2km～(6km)

●受信機から
電話回線接続機能

●高信頼性
異常判定アルゴリズム

●音声メッセージで
異常箇所を連絡 (受信側)

●大音量警鳴音発生
110dB/m

無線式火薬庫警報装置

発破番 ES-2000R

標準付属品付
セットで
40万円
(税抜価格)

2km～(6km)

ER-2000R (受信機) ET-2000R (送信機)

●長距離伝送
到達距離約2km～(6km)

●受信機から
電話回線接続機能

●高信頼性
異常判定アルゴリズム

●音声メッセージで
異常箇所を連絡 (受信側)

●大音量警鳴音発生
110dB/m

本カタログの価格は、全て税抜表示となっています。



朝日音響株式会社

〒771-1350 徳島県板野郡上板町瀬部

FAX: 088-694-5544 (代) TEL: 088-694-2411 (代)

http://www.asahionkyo.co.jp/

労働力不足やオペレータの高齢化、安全やコスト、工期に関わる
現場の課題を、お客様とともに解決していきたいと私たちコマツは考えました。
現場全体をICTで有機的につなぐことで生産性を大幅に向上。
そんな「未来の現場」を創造していくソリューションです。

次代に向けて、 知性をその手に。

～ICT建機、ラインナップ拡充～

ICT油圧ショベル

複雑なレバー操作なしでも
高効率な施工を実現。

GNSS* アンテナと基準局から得た刃先の
位置情報、施工設計データをもとに、
作業機操作のセミオート化を実現した世界初の
マシンコントロール油圧ショベルです。

*GNSS(Global Navigation Satellite
System)GPS、GLONASS等の
衛星測位システムの総称。

PC200i

PC128USi

ICTブルドーザ

世界で初めて掘削から仕上げの整地までのブレード操作を自動化。また、粗掘削時にブレード負荷が増大すると、
スリースリップが起らないように自動でブレードを上げて負荷をコントロールし、効率良く掘削作業が行えます。
さらに、事前に設定した設計面に近づくと自動認識して、粗掘削から整地に自動的に切り換わります。



D37PXi



D61PXi



D65PXi/EXi



D85PXi/EXi



D155AXi

KOMATSU

コマツ 国内販売本部

〒107-8414 東京都港区赤坂2-3-6 <http://www.komatsu.co.jp/>

動画でご紹介

