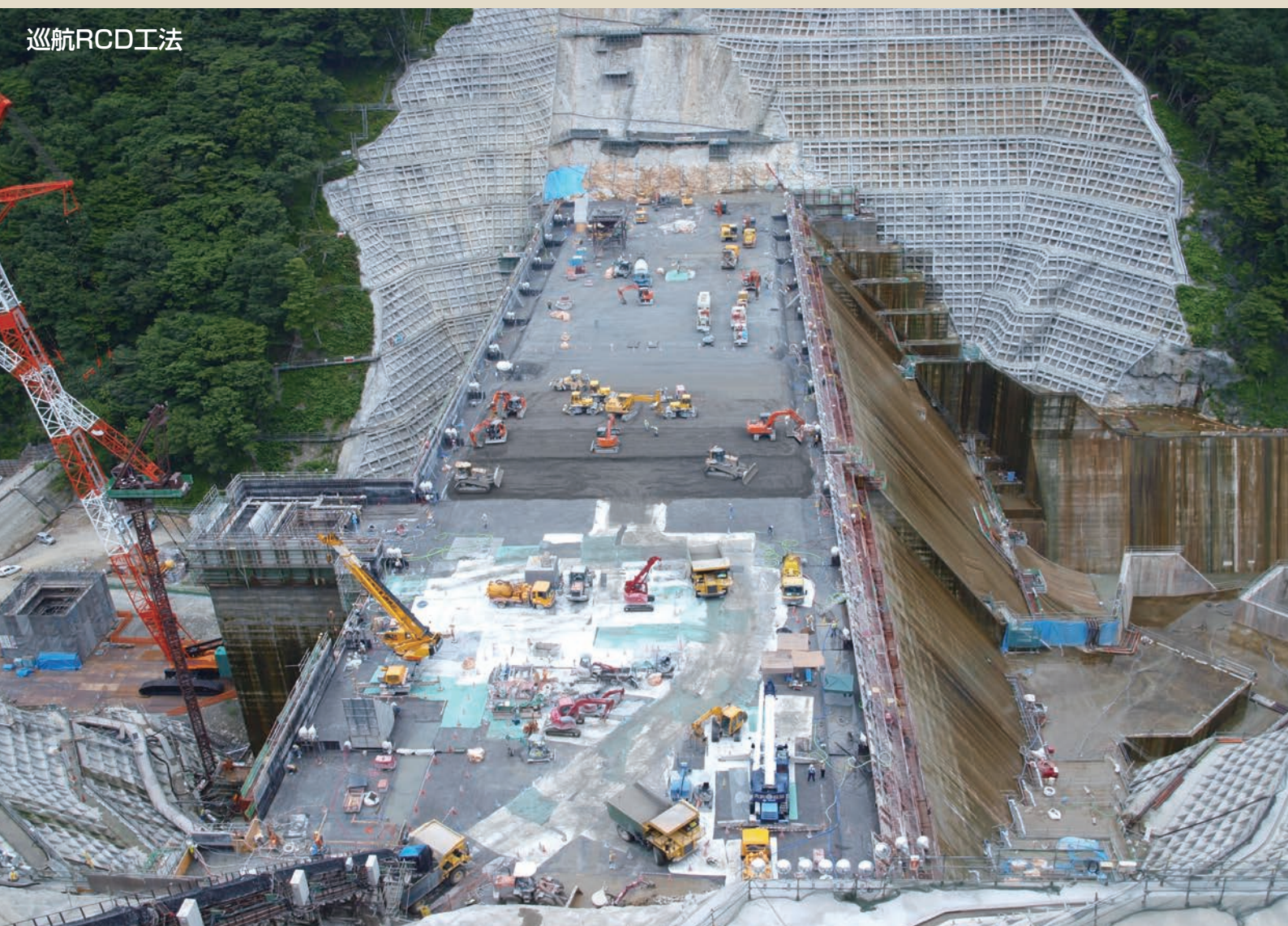


建設の施工企画 **2**

2013 FEBRUARY No.756



巡航RCD工法



ダム 特集

- 「改訂版 巡航RCD工法施工技術資料」の紹介
- 台形CSGダム
- 湯西川ダムにおける巡航RCD工法の施工実績
- 嘉瀬川ダム副ダム建設工事におけるDKS-IIミキサの採用
- ICT活用技術(台形CSGダム)
- 総合的なコンクリート工事・品質管理システム
- ダム機能の延命化を図る土砂バイパストンネルの施工
- 鶴田ダム再開発の計画と設計施工
- 水力発電所の現状と今後
- 東日本大震災時におけるダムの多面的機能
- 特殊エジェクターを用いたダム堆砂の移動システム
- 中国のダム建設と水力発電

一般社団法人 日本建設機械施工協会

今や、業界唯一。
日本国内 自社自力生産・直接修理を實踐中！

Nシリーズ 微弱電波
Rシリーズ 産業用ラジコンバンド
Uシリーズ 429MHz帯 特定小電力
Gシリーズ 1.2GHz帯 特定小電力
ボーバ 防爆形無線機

- ◆ 業界随一のフルラインの品揃えとオーダー対応制度で多様なニーズに対応！
- ◆ 常に！業界一のコストパフォーマンス！
- ◆ 迅速なメンテナンス体制！
- ◆ 未来を見据えた過去の実績を見て下さい！
代々互換性を継承、補修の永続制

マイコンケーブルズ

防爆形 対応可能 (N/Uシリーズ)

マイティ サテル-マ

N/U/Gシリーズ

●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点以上)

旧アンリツ製 デジタルテレコン 入替専用モデル

微弱電流・特小・小電力
両モデル対応

防爆形 対応可能 (Nシリーズのみ)

ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能

3ノッチジョイスティック型
RC-7132N
セットで
94.5万円~

全押しボタン
RC-7126N
セットで **47.25万円**~

ジョイスティック
2本装着オーダー例
RC-7233UAN

ジョイスティック
2本装着
オーダー例
RC-7215U

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

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

- 微弱Nシリーズは、240MHz化でより安定した電波の飛び！
- 2段階押しスイッチ追加可能！（オプション）

● 3操作3リレー
最大5リレーまで対応可能

ポケットサイズの本格派！

標準型

RC-4303N/R

セットで

10.5万円

★！

テルハには
ゼロ線電源*で
電気配線工事 不要!!
おんぶ/だっこ金具*で
取付簡単!! (*オプション)

取付例

データケーブル

**微弱電圧・特定小電力
ラジオバンド
全モデル対応**

N/R/U/G
シリーズ

- 機器間の信号伝送に！
- 多芯の有線配線の代わりに！

標準型 セットで

TC-1305R	21,525万円
TC-1308N(微弱電圧)	23,1万円

工次第で用途は無限!

送信機
(外部接点入力型)

写真は
リシリーズ

7100型 ▶

6300型 ▶

5700型 ▶

3200型 ▶

受信機

無線式火災庫警報装置

発破番 ES-2000R

ER-2000R (受信機)

標準付属品付
セットで
42万円

ET-2000R (送信機)

- 長距離伝送到達距離約 2 km ~ (6 km)
- 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。

ペンチャー企業創出支援投資 対象企業
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>

平成25年度建設機械施工技術検定試験の ご 案 内

平成25年度1・2級建設機械施工技術検定試験(建設業法に基づく建設機械施工技士の国家試験)を以下のとおり実施いたします。

この試験は、建設事業の建設機械施工に係る知識や技術力を問うものです。

なお、以下は概要です。詳しくは、当協会ホームページをご覧ください。又は電話によるお問合せをお願いします。

平成25年2月

国土交通大臣指定試験機関

JCMA 一般社団法人 日本建設機械施工協会

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

1. 申込み方法

受検申込みに必要な用紙が添付されている「受検の手引」を当協会等(裏面の一覧表参照)から購入の上申込み願います。

販売期間：平成25年2月1日(金)から4月5日(金)

(但し、郵送での販売は3月29日(金)まで)

代 金：1級600円、2級500円(いずれも1組(申込用紙及び受検の手引)当たり)(なお、郵送希望の場合は送料共1級850円、2級750円(必ずゆうちょ銀行の定額小為替使用のこと))

2. 申込み受付期間

平成25年3月8日(金)から4月5日(金)まで

*簡易書留郵便とし、締切日(4月5日(金))までの消印のあるものが有効

3. 試験日

学科試験：平成25年6月16日(日)

実地試験：平成25年8月下旬から9月中旬

*実地試験は、学科試験合格者のみ受検でき、日程は8月上旬に通知いたします。

4. 受験手数料

1級学科試験：10,100円

2級学科試験：1種別につき10,100円(2種別は2倍)

1級実地試験：

操作施工法2科目と組合せ施工法の場合 27,800円

操作施工法1科目と組合せ施工法の場合 21,400円

組合せ施工法の場合のみ 15,000円

2級実地試験：1種別につき21,600円(2種別は2倍)

5. 受検資格

学歴等の資格区分に応じ概ね下表にあるような実務経験年数が必要となります。詳しくはお問合せ願います。

学歴等の資格区分		1級(必要な実務経験年数)	2級(必要な実務経験年数)
大 学	指 定 学 科	3 年 以 上	1 年 以 上
	指定学科以外	4 年 6 月 以 上	1 年 6 月 以 上
短 期 大 学 高等専門学校	指 定 学 科	5 年 以 上	2 年 以 上
	指定学科以外	7 年 6 月 以 上	3 年 以 上
高 等 学 校	指 定 学 科	1 0 年 以 上	3 年 以 上
	指定学科以外	1 1 年 6 月 以 上	4 年 6 月 以 上
上 記 以 外		1 5 年 以 上	8 年 以 上
資格取得者級	2 高等学校 指 定 学 科	通算 8 年 以 上	-
	指定学科以外	通算 9 年 以 上	-
	そ の 他	-	通算 1 2 年 以 上

①1級の実務経験には、上表記載の実務経験年数の内に、指導監督の実務経験か、専任の主任技術者としての必要な実務経験年数が1年以上含む必要があり、その証明も必要となります(尚、専任の主任技術者の場合、年数は短縮されます)。

②2級について、上表の実務経験年数は2種別の建設機械を受検する場合必要な年数を記載しています(1種別受検の場合、年数は短縮されます)。

③「指定学科」とは、この試験に関し大学、高等学校等における機械工学、土木工学、都市工学等専門的な分野の学科を言います。

*上記①②の短縮される年数と、③の指定学科の詳細については試験部までお問合せ願います。

6. 試験地

学科試験：北広島市(北海道)、仙台市、東京都、新潟市、名古屋市、大阪市、広島市、高松市、福岡市、那覇市

実地試験：石狩市、岩沼市、栃木県下都賀郡壬生町、秩父市、新潟市、小松市、刈谷市、明石市、小野市、広島市、善通寺市、福岡県糟屋郡須恵町、沖縄県国頭郡宜野座村

*それぞれの希望受験地を申込み時に選択していただきます。

*学科試験地及び実地試験地は、会場の都合で変更する場合があります。

*受検する建設機械の種類により、実地試験地が制限されます。

7. 試験の種別と使用機械等

この試験は、学科試験と実地試験により行われ、学科試験に合格した方が実地試験を受検できます。

(1) 学科試験

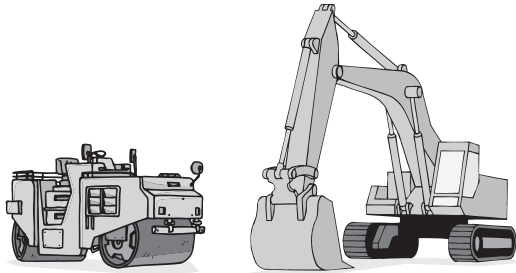
1級：択一式と記述式により、土木工学、建設機械一般、法規、各種別の機械に関する一般的知識を問います。

2級：択一式により、共通科目として土木工学、建設機械一般、法規等の概略的知識と、選択種別の知識を問います(1種～6種の内、偶数・奇数の組合せであれば、1回の試験で最大2種別まで受検可能です)。

(2) 実地試験

1級：6種別に区分された建設機械施工法の内から、申込み時に選択した2種別の機械を運転操作する試験(2級で合格した種別の数だけ免除があります)と、記述式の試験(学科試験日に実施します)を行います。

2級：学科合格種別の機械で運転操作の試験を行います。



試験機械区分	種別	試験使用機械
トラクタ系機械操作施工法	第1種	ブルドーザ
ショベル系機械操作施工法	第2種	油圧ショベル
モータ・グレーダ機械操作施工法	第3種	モータ・グレーダ
締固め機械操作施工法	第4種	ロードローラ
舗装用機械操作施工法	第5種	アスファルト・フィニッシャー
基礎工事用機械操作施工法	第6種	アースオーガ
建設機械組合せ施工法	-	記述式の試験(1級のみ)

◆ 問合せ先、「受検の手引」請求先一覧表 ◆

名 称	所 在 地	電 話 番 号
※一般社団法人日本建設機械施工協会 試 験 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2階 (URL http://www.jcmanet.or.jp)	03-3433-1575
※ 同 北海道支部	〒060-0003 北海道札幌市中央区北3条西2-8 さつけんビル5階	011-231-4428
※ 同 東北支部	〒980-0802 宮城県仙台市青葉区二日町16-1 二日町東急ビル5階	022-222-3915
※ 同 北陸支部	〒950-0965 新潟県新潟市中央区新光町6-1 興和ビル9階	025-280-0128
※ 同 中部支部	〒460-0002 愛知県名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル5階	052-962-2394
※ 同 関西支部	〒540-0012 大阪府大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル8階	06-6941-8845
※ 同 中国支部	〒730-0013 広島県広島市中区八丁堀12-22 築地ビル4階	082-221-6841
※ 同 四国支部	〒760-0066 香川県高松市福岡町3-11-22 建設クリエイティブビル4階	087-821-8074
※ 同 九州支部	〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2-8-26 第3白水駅東ビル6階	092-436-3322
※ 一般社団法人沖縄しまたて協会	〒901-2122 沖縄県浦添市勢理客4-18-1 トヨタマイカーセンター4階	098-879-2097
同 北部支所	〒905-1152 沖縄県名護市字伊差川24-1	0980-53-1555

※印は郵送販売を行っている箇所



ご 注 意

最近、当協会が行うこの技術検定の申込み手続きの代行業務やまぎらわしい名前の講習等の勧誘を行う民間団体がありますが、当協会とは関係がありません。当協会は、電話等により直接勧誘又は案内を行っておりませんし、他の機関に受付等の業務の一部を依頼することはありません。この技術検定の申込み、問合せは、ご本人が直接当協会に行ってください。

国土交通大臣指定試験機関

JCMA 一般社団法人 日本建設機械施工協会
URL <http://www.jcmanet.or.jp>

2013年 欧州建設機械化視察団 団員募集のお知らせ

bauma 2013(ドイツ・ミュンヘン)

本協会は毎年海外視察団を派遣し、海外の建設機械及び施工技術を見聞し、我が国の建設機械化の発展に寄与して参りました。本年度も関係各位のご要望にお応えして、下記要領により海外視察団参加者を募集し派遣することになりました。今回の視察の主目的は、ドイツ・ミュンヘンで開催される国際的な建設機械及び建設資材等の展示会“bauma 2013”の視察です。3年ごとに開催されるこの展示会は世界最大規模の展示会で、50カ国3000社／団体以上が出展を予定しており、最新の建設機材、サービス、そして技術を一望することができます。そのほか、ドイツ・シュトゥットガルト／フランクフルトにおけるインフラ整備、都市再開発の工事現場視察等を予定しております。

関係各位におかれましては、最新の国際的な建設機械の動向をキャッチするとともに、ヨーロッパの基盤整備状況を視察することにより、今後の事業展開に役立ちうるものと思われまます。多数の方々にご参加賜りたく、ご案内を申し上げます。皆様のご参加をお待ち致しております。

【展示会概要】

【開催地】ドイツ・ミュンヘン

【期 間】2013年4月15日(月)～4月21日(日)

【周 期】3年毎

【主 催】ミュンヘン見本市会社

【会 場】ドイツ・新ミュンヘン国際見本市会場

【出展社】3,256社(2010年実績)

【入場者】420,170人(2010年実績)

【主要出展品目】

建設機械、建設用車輛、リフト、コンベヤー、建設機器・工具、特別システム、コンクリート店モルタル処理・製造、型枠、足場、鋳業用原料抽出機械、原料処理、選鉱、建材用セメント・石灰・石膏製造、コンクリート・コンクリート製品・プレハブ構成材製造機械・システム、アスファルト製造機械・プラント、予混合ドライモルタル・漆喰・スクリード製造機械・プラント、石灰砂岩・発電所残渣使用建材製造・プラント、石膏・石膏ボード製造機械・システム、建材処理・包装トランスミッション・流体技術、発電ユニット、付属品、摩耗部品、サービス、検査、測定、プロセス制御技術、通信、ナビゲーション、作業安全 など

日 程 表

日次	月日曜	発着地／滞在地名	発着現地時刻	交通機関名	摘 要
1	2013年 4月14日 (日)	東京(成田)発 フランクフルト着	午 前 タ 刻	航 空 機 専 用 バス	空路、フランクフルトへ 到着後、ホテルへ (フランクフルト泊)
2	4月15日 (月)	フランクフルト発 ミュンヘン着 ミュンヘン滞在	午 前 午 前 終 日	航 空 機 専 用 バス ↓	空路、ミュンヘンへ 車にてbauma会場へ ★ bauma 2013国際建設機械見本市視察(1日目) (ミュンヘン泊)
3	4月16日 (火)	ミュンヘン滞 ミュンヘン発 シュトゥットガルト着	終 日 午 後 タ 刻	専 用 バス ↓ ↓	★ bauma 2013国際建設機械見本市視察(2日目) 車にてシュトゥットガルトへ 到着後、ホテルチェックイン (シュトゥットガルト泊)
4	4月17日 (水)	シュトゥットガルト滞 フランクフルト着	終 日 タ 刻	専 用 バス ↓ ↓	★ シュトゥットガルト工事現場視察及び市内視察 車にてフランクフルト着 (フランクフルト泊)
5	4月18日 (木)	フランクフルト滞	終 日	専 用 バス	★ フランクフルト工事現場視察及び市内視察 (フランクフルト泊)
6	4月19日 (金)	フランクフルト発	午 前	航 空 機	空路、帰国の途へ (機内泊)
7	4月20日 (土)	東京(成田)着	午 前		到着後、入国審査及び通関手続終了後、解散

※発着地及び交通機関は変更になることがあります。

視察期間 平成25年4月14日(日)～4月20日(土) 5泊7日

視 察 地 ミュンヘン・シュトゥットガルト・フランクフルト

催行人員 最少催行人員15名(添乗員同行)

参 加 費 お一人様365,000円(1人1室)(空港税・燃油サーチャージ別途)

締 切 日 募集締切日は2013年3月1日(金)

募集パンフレット請求先⇒ 近畿日本ツーリスト(株) 第5営業支店 担当:宮(キュウ)・森谷

TEL03-6891-9305 FAX03-6891-9405

●御問い合わせ先●

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2階

TEL03-3433-1501 FAX03-3432-0289

担当:鈴木 勝

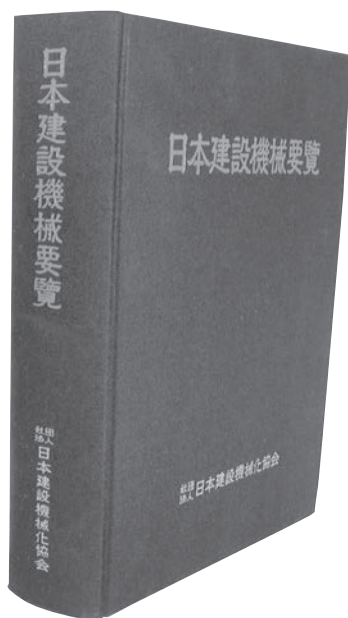
2013年版 日本建設機械要覧

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。

なお、本書が刊行されるまでの期間、予約特価（当協会の本部・支部に直接購入申込される方のみ）にて予約募集致しますので、この機会に是非申し込み下さいますようご案内申し上げます。



体 裁

B5判、約1250頁／写真、図面多数／表紙特製
平成25年3月末発刊

価 格

価格は次の通りです（消費税5%含む）

会 員 43,050円（本体41,000円）

非会員 51,450円（本体49,000円）

（注）送料は1冊1,050円となります。（複数の場合別途）

「会 員」・・・本協会の会員または、官公庁、
学校等公的機関

「非会員」・・・上記以外

予約特価（予約締切 平成25年3月15日）

会 員 37,800円（本体36,000円）

非会員 46,200円（本体44,000円）

（注）送料は1冊1,050円となります。（複数の場合別途）

価格には消費税5%が含まれております。

特 典

2013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年版及び2010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2013年版を含めると1998年から2012年までの建設機械データが活用いただけます。

2013年版 内容目次

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

◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

☐ 予約購入

日本建設機械要覧 2013年版	冊
-----------------	---

上記図書を申込み致します。平成 年 月 日（予約締切 平成25年3月15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

※沖縄の方は本部へ申込

（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 さっけんビル	TEL 011 (231) 4428 FAX 011 (231) 6630
東 北 支 部	〒980-0802 仙台市青葉区二日町16-1 二日町東急ビル	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2-8-26 第3白水駅東ビル	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/privacy_policy.htm）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

増刷出来 !!

建設施工における地球温暖化対策の手引き

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

◇主な内容

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

◇掲載工種

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

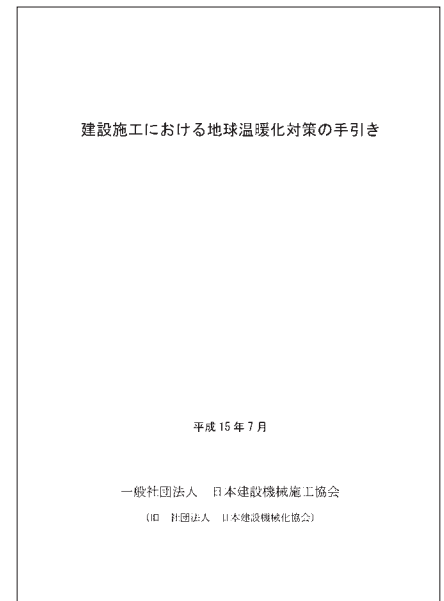
◇体裁・定価

A4判, 85頁

定価 会 員 1,470 円（本体 1,400 円），送料 600 円

非会員 1,575 円（本体 1,500 円），送料 600 円

官公庁（学校関係を含む）は会員価格です。



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

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

◇主な内容

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

◇体裁・定価

B5判, 50頁

定価 会員・非会員共 525 円（本体 500 円）



増刷出来 !!

建設作業振動対策マニュアル

本書は地方自治体の環境担当者が実務的に施工現場で施工者に対して振動規制法の適切な執行を行い、振動防止指導や住民からの苦情に的確な処置がとれるようにすること、又建設工事の発注者あるいは施工者が適切に環境保全に対処した工事の計画・施工・管理を実施できるようにすること等を目的として作成しました。

しかし本書は平成6年の初版発行でありまして、その後なされた法規制の制定、改正等に対してその内容を十分に網羅しておりません。しかし建設作業における振動対策に係わっておられる方々から内容的に参考になる部分が多であるという事で、増刷の要請を多く頂き、当協会ではこの度増刷する事と致しました。是非とも下の当協会の姉妹書「建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック 第3版」とも併せて利用頂ければ幸甚でございます。

◇ 主な内容

- 第1章 建設作業振動の規制
- 第2章 建設作業に伴う公害振動の実態と対策の現況
- 第3章 届け出・苦情時の望ましい対応のあり方
- 第4章 振動の基礎及び測定・評価方法
- 第5章 地盤振動の伝搬と予測
- 第6章 建設工事と建設機械
- 第7章 現状と対策例
- 第8章 建設工事工程計画と工事振動予測例

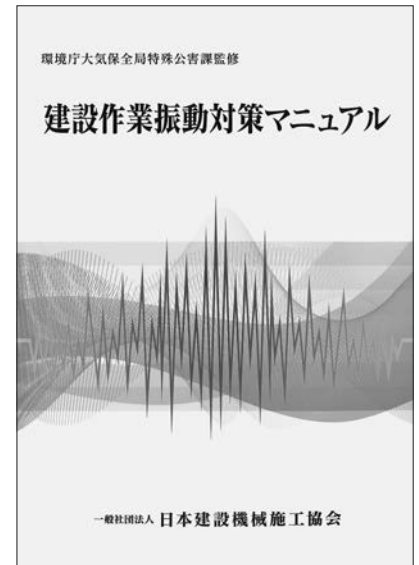
◇ 体裁・定価

B5判、360頁

定価 会員 5,400円（本体 5,143円）、送料 520円

非会員 6,000円（本体 5,715円）、送料 520円

官公庁（学校関係を含む）は会員価格です。



建設工事に伴う 騒音振動対策ハンドブック 第3版

本書は昭和52年に初版が発刊され、昭和62年に改訂されましたが、その後低騒音型建設機械の指定制度の発足及びその大幅な普及など建設機械の低騒音化・低振動化が進むとともに、高流動化コンクリート工法、超高周波振動杭打ち機など低騒音・低振動化技術の進展が著しいので、そのような最新技術と最新データを盛り込んで平成13年に第3版改訂版を発刊致しました。

◇ 主な内容

- 第1章 建設工事と公害
- 第2章 現行法令
- 第3章 調査・予測と対策の基本
- 第4章 現地調査

◇ 取り上げた工種

土工、運搬工、岩盤掘削工、基礎工、土留め工、コンクリート工、舗装工、鋼構造物工、構造物とりこわし工、トンネル工、シールド・推進工、軟弱地盤処理工、仮設工、定置機械（空気圧縮機、発動発電機）

◇ 体裁・定価

B5判、330頁

定価 会員 5,880円（本体 5,600円）、送料 600円

非会員 6,300円（本体 6,000円）、送料 600円

官公庁（学校関係を含む）は会員価格です。



平成24年度 建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集

- 発 刊： 平成24年10月26日
- 本の体裁： A4判 モノクロ 約250ページ CD-ROM 付き
- 価格(税込)： 2,000円
- 送料(単価)： 600円(沖縄県を除く日本国内)

※ 複数発注の場合は、送料単価を減額します。

■ 内 容

本協会では事業活動の一環として、毎年、建設機械と施工法に関する技術の向上を図ることを目的に日頃の研究・開発の成果を発表する「建設施工と建設機械シンポジウム」を開催しており、今年度は平成24年11月7、8日に機械振興会館にて行われました。

この論文集・梗概集には、「災害、防災、復旧・復興」、「ICTの活用」、「品質確保とコスト縮減」、「環境保全・省エネルギー対策」、「安全対策」、「維持・管理・補修」の6分野について産学官の皆さんからの応募論文38編のほか、ポスターセッション10編の発表内容や施工技術総合研究所の研究報告4編、さらには本協会の研究開発助成の成果報告2編も掲載されております。

よくわかる建設機械と損料 2012

(平成 24 年度版 建設機械等損料表 解説書)

■発行 : 平成24年5月

■体裁 : B5 判、一部カラー、390ページ

■価格(税込): 5,460円(一般)、4,620円(会員)

■送料(単価): 450円(沖縄県を除く日本国内)

* 複数発注の場合は送料単価を減額します。

* 沖縄県の方は一般社団法人沖縄しまたて協会(TEL:098-879-2097)にお申込み下さい。(沖縄県内送料単価:340円)

■本の特長

★損料表の構成・用語の意味、損料補正方法

などを平易な表現で解説

★20件の関連通達類の位置付けと要旨を解説

★H24年度版損料表の主な改正・変更点を一覧表にして紹介

★損料表に掲載の機械について、大分類別にコード体系を図示

01 ブルドーザ及びスクレーパ

02 掘削及び積込機

03 運搬機械

04 クレーンその他の荷役機械

05 基礎工事用機械

06 せん孔機械及びトンネル工事用機械

07 モータグレーダ及び路盤用機械

08 締固め機械

09 コンクリート機械

10 舗装機械

11 道路維持用機械

12 空気圧縮機及び送風機

13 建設用ポンプ

15 電気機器

16 ウインチ類

17 試験測定器

18 橋梁架設用仮設備機器

20 その他の機器

30 作業船

40 ダム施工機械等

50 除雪用機械

★損料表に掲載の各建設機械の概要(機能・特徴)を紹介

★主要建設機械のメーカー・型式名を表にして紹介

★機械の俗称からも、損料表における掲載ページ検索が可能

よくわかる建設機械と損料 2012

(H24 建設機械等損料表 解説書)

一般社団法人 日本建設機械施工協会

一般社団法人 日本建設機械施工協会

◆ 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

- 「建設の施工企画」を機関誌として毎月お届け致します。(一般購入価格 1冊840円/送料別途)。
「建設の施工企画」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「建設の施工企画」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

- ・建設の施工企画(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)3433-0401

一般社団法人 日本建設機械施工協会会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会個人会員に入会します。

平成 年 月 日

個人会員入会申込書		
ふりがな		生年月日
氏名 (自署)		大正 昭和 平成 年 月 日
機関誌の送付先	A. 勤務先 B. 自宅 (ご希望の送付先に○印で囲んで下さい。) ※「勤務先」に送付の場合は下記(A)の項目に、「自宅」に送付の場合は下記(B)の項目にご記入下さい。	
(A) 勤務先名		
(A) 所属部課名		
(A) 勤務先住所	〒 TEL _____ E-mail _____	
(B) 自宅住所	〒 TEL _____ E-mail _____	
その他 連絡事項	平成 年 月より入会	

【会費について】年間 9,000円

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

【その他ご入会に際しての留意事項】

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

【個人情報の取扱について】

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

一般社団法人日本建設機械施工協会 発行図書一覧表（平成 24 年 11 月現在）

発行年月	図 書 名	税込価格	会員価格	送料
H24 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,000	2,000	600
H24 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2012	5,460	4,620	450
H24 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 24 年度版	5,880	5,000	450
H24 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 24 年度版	8,400	7,140	600
H24 年 4 月	平成 24 年度 建設機械等損料表	7,700	6,600	600
H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック 改訂 4 版	6,300	5,350	700
H22 年 10 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,150		400
H22 年 10 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,150		400
H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,100	1,800	400
H22 年 3 月	日本建設機械要覧 2010 年版	51,450	43,050	1,050
H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,310	2,100	400
H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	2,940	2,490	450
H20 年 2 月	除雪機械技術ハンドブック	3,000		600
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	3,360	2,800	450
H17 年 9 月	建設機械ポケットブック（除雪機械編）	1,000		250
H16 年 12 月	2005「防雪・除雪ハンドブック」（除雪編）	5,000		530
H15 年 7 月	道路管理施設等設計指針（案）道路管理施設等設計要領（案）	3,360		600
H15 年 7 月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,575	1,470	600
H15 年 6 月	道路機械設備 遠隔操作技術マニュアル（案）	1,890		600
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）	1,890		600
H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	525		250
H13 年 2 月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック	6,300	5,880	600
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	2,600	2,300	390
H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	7,980		600
H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,200		600
H11 年 5 月	建設機械図鑑	2,625		600
H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル	3,780	3,360	600
H9 年 5 月	建設機械用語集	2,100	1,890	600
H8 年 11 月	Construction Mechanization in Japan 1997	3,150		420
H7 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	9,800	9,300	800
H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,000	5,400	520
H6 年 6 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,000	7,500	500
H5 年 8 月	道路除雪ハンドブック	5,200	4,800	420
S63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック	10,500	9,450	520
S59 年 11 月	場所打ち杭設計施工ハンドブック	5,145	4,630	460
S59 年 2 月	建設機械整備ハンドブック（エンジン整備編）	6,510	5,859	520
S56 年 12 月	建設機械整備ハンドブック（基礎技術編）	8,400	7,560	520
S55 年 1 月	建設機械整備ハンドブック（管理編）	4,200	3,780	520
	建設機械履歴簿	400		250

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

建設の施工企画

2013 年 2 月号 No. 756

目次

ダム 特集

3	巻頭言 ダム事業の国際進出	坂本 忠彦
4	「改訂版 巡航 RCD 工法施工技術資料」の紹介	小杉 淳悟
11	台形 CSG ダム	樋口 淳美
16	湯西川ダムにおける巡航 RCD 工法の施工実績 大内 齊・岡山 誠・戸澤 清浩	
21	嘉瀬川ダム副ダム建設工事における DKS-II ミキサの採用	今北 啓介
27	ICT 活用技術（台形 CSG ダム） 億首ダム本体建設工事	大西 仁志
32	総合的なコンクリート工事・品質管理システム センサ搭載型枠	野口 貴文・北垣 亮馬・西島 茂行
37	ダム機能の延命化を図る土砂バイパストンネルの施工 平成 20 年度 小渋ダム土砂バイパストンネル工事	藤原 武司
41	鶴田ダム再開発の計画と設計施工 国内最大規模の施設改造工事	久保 朝雄・遠山 玄郎
47	水力発電所の現状と今後 低炭素社会の実現に向けた水力発電の役割	土居 裕幸
52	東日本大震災時におけるダムの多面的機能 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課流水管理室, 国土交通省東北地方整備局河川部, 国土交通省関東地方整備局河川部	
56	特殊エジェクターを用いたダム堆砂の移動システム 特殊エジェクター工法〈礫送（れきぞう）〉	天明 敏行・山上 裕也・角 哲也
60	中国のダム建設と水力発電	小川 範之
66	交流の広場 ダム公園の紹介 ダム公園と笹流ダム前庭広場	吉田 一雄
69	ずいそう 私と建設機械と海外生活	遠入 正行
71	ずいそう 顔に責任が持てるか?	井口 勇二
72	JCMA 報告 平成 24 年度「建設施工と建設機械シンポジウム」開催報告（その 3） パネルディスカッション「岐路に立つ無人化施工」	
94	CMI 報告 岩石の成因と力学特性	田辺 英夫
98	部会報告 ISO/TC 127（土工機械）2012 年 12 月 イタリア国ローマ市での国際作業グループ会議報告	標準部会
108	統計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移 機関誌編集委員会	
109	行事一覧（2012 年 12 月）	
112	編集後記	（赤神・原口）

◇表紙写真説明◇

巡航 RCD 工法

写真提供：(財)ダム技術センター

RCD コンクリートの先行打設、外部コンクリートの独立・後行打設、型枠を用いない RCD コンクリートの打止めという従来にない特徴を有する高速施工法である。

嘉瀬川ダム・湯西川ダムで得られた知見をとりまとめ、平成 24 年 2 月「改訂版 巡航 RCD 工法施工技術資料」が刊行された。

情報化施工により東日本大震災の復興を支援

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

まずは、一般社団法人日本建設機械

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

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

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

平成 25 年度 一般社団法人日本建設機械施工協会会長賞 ご案内

下記の通り、「一般社団法人日本建設機械施工協会会長賞」をご案内致します。

1. 表彰の目的

我が国の建設事業における建設機械及び建設施工に関連する技術等に関して、調査、研究、技術開発、実用化等により、その高度化に顕著な功績をあげたと認められる業績を表彰し、もって国土の利用、開発及び保全並びに経済及び産業の発展に寄与すること。

2. 表彰対象

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

3. 表彰の種類

本賞(会長賞)、貢献賞および奨励賞

4. 応募

平成 25 年 1 月 31 日済み

5. 選考

本協会が設置した「一般社団法人日

本建設機械施工協会会長賞選考委員会」で選考致します。

6. 表彰式

本協会第 2 回通常総会(平成 25 年 5 月 29 日(水))終了後に行います。

詳細問い合わせ先:

一般社団法人日本建設機械施工協会
阿部

TEL: 03-3433-1501

FAX: 03-3432-0289

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

欧州建設機械化視察団 団員募集

— bauma 2013 (ドイツ・ミュンヘン) —

建設機械および建設資材等の国際的な展示会“bauma 2013”がドイツ・ミュンヘンで開催されます。当協会ではこの機会に、世界最大規模の本展示会と、シュトゥットガルト／フランクフルトの工事現場等を視察する欧州建設機械化視察団を企画いたしました。

関係各位においては、国際的な建設

機械の動向をキャッチし、ヨーロッパの基盤整備状況を視察することにより、今後の事業展開に役立つものと思われま。

期間:平成 25 年 4 月 14 日(日)～4 月 20 日(土) 5 泊 7 日

視察地:ミュンヘン、シュトゥットガルト、フランクフルト

参加費:365,000 円(空港税等別)

募集締切:平成 25 年 3 月 1 日(金)

詳細問い合わせ先:

一般社団法人日本建設機械施工協会
鈴木 勝

TEL: 03-3433-1501

FAX: 03-3432-0289

日本建設機械要覧 2013

— 発行案内と予約購入のおすすめ —

1950 年より 3 年ごとに刊行し、好評を頂いている『日本建設機械要覧』の 2013 年版を刊行いたします。

2013 年版購入の方への特典として、当協会が運営する Web サイト上において 2001、2004、2007、2010 年版の日本建設機械要覧の PDF 版が閲覧およびダウンロードできます。

なお、本書が刊行されるまでの期間、特別価格にて予約募集しますので、こ

の機会に是非申し込み下さい。

発刊予定:平成 25 年 3 月末

体 裁: B5 判、約 1250 頁

写真、図面多数／表紙特製

予約価格(送料別途、消費税含む):

会 員 37,800 円(本体 36,000 円)

非会員 46,200 円(本体 44,000 円)

※予約締切 平成 25 年 3 月 15 日

なお、予約募集が終わった後の価格は次のようになります。

会 員 43,050 円(本体 41,000 円)

非会員 51,450 円(本体 49,000 円)

詳細問い合わせ先:

一般社団法人日本建設機械施工協会
業務部

TEL: 03-3433-1501

FAX: 03-3432-0289

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

巻頭言

ダム事業の国際進出

坂 本 忠 彦



【日本におけるダム事業】

最近日本におけるダム事業に関連した分野の活力は芳しくない。停滞あるいは衰退傾向にあると言っても過言ではあるまい。この傾向は社会の関心が公共事業よりも環境保護へと、そして財政資金が公共事業よりも社会福祉へと向かったこととまったく一致していて、ダム事業が公共事業の代表例となった感がある。これはダム事業が公共事業の代表例とみなされるとするならば、ダム関係者にとってはある意味名誉なことではあるが、ダム事業の将来を考える上ではまさに深刻な事態である。

平成 21 年 12 月に国土交通省内に「今後の治水対策のあり方に関する有識者会議」が設置され、ダム本体工事着工前の全てのダムは再検証を行うこととなり、再検証の結果かなりのダム建設が中止となりつつある。このことがダム事業の活力が芳しくない原因の一つとなっている。常識的にみても今後必要なダムは建設するにしても昭和 30 年代から 60 年代のようなダム全盛時代の再来は見込めないであろう。

【世界におけるダム事業】

しかし、世界的にみれば状況は全く異なる。21 世紀は水の世紀と呼ばれている。それは世界の人口が今後も増加の傾向を続けるため、将来の食料確保、生活のための清潔な水、生産活動のための水、水力発電によるエネルギー確保、生活圏の安全対策のための治水対策等が極めて重要になるとともに地域間の水に関する利害関係が地域紛争の火種となりかねないと予想されているからである。一方、地球温暖化ガスの排出に伴う気候変動が現実視され、異常渇水、異常降雨の頻発化が予想されている。このため温暖化ガス排出抑制のための水力発電が緊急の課題となっている。さらに最近では東日本大震災による福島原子力発電所の事故以来、原子力発電の代替エネルギーとして、水力発電の重要性が再認識されている。このような状況であるため、余水を貯留して洪水を防ぎ、不足する時に水を放流し、利用するとともに水力発電を行うダム及び貯水池の重要性が再認識されているのである。

【国際ダム会議 2012 年京都大会】

日本大ダム会議は 2012 年 6 月 2 日から 6 月 8 日にかけて京都国際会館を主会場として国際大ダム会議第 80 回年次例会及び第 24 回大会(京都大会)を開催した。参加者は 70 カ国から 1,367 名(そのうち日本からの参加者 408 名)に及び近年にない盛況であった。

東日本大震災及び原子力発電所事故により日本訪問者が激減している中での開催であったが、この盛況は京都の魅力ばかりでなく、国際的にダムが見直されている結果であると考えられる。日本大ダム会議は京都大会

の開催にあたり「水の世紀の諸課題と地球温暖化問題への対応」を中心課題として、日本のダムの最新技術を紹介することを目標とした。

【技術展示会と日本の最新技術】

国際大ダム会議は 1928 年に創設された、民間国際団体(本部パリ、加盟国 95 カ国)であり、ダムの構造基準、管理基準で世界の指導的役割を果たしている。わが国も昭和 50 年代までは国際大ダム会議及びその加盟国により開発された技術でダム建設、管理を行っていたと言っても過言ではない。しかし最近日本は貧配合のコンクリートをローラーで転圧して急速にダムを建設する方法(RCD 工法)、ダムの堆砂を防ぐサンドバイパス工法、既存ダムのより有効な利用を図る嵩上げや機能追加技術あるいはダムサイト周辺の材料を有効に利用する台形 CSG ダム工法を開発、また水源地対策やダムの建設、管理に関する環境保全対策、IT を利用した建設技術などにおいて世界をリードする立場に立っている。

このため、京都大会の期間中国国際会館の展示場で 6 月 5 日から 6 月 8 日までの間開催された技術展示会においてこれらの技術を紹介する企画展示を(財)日本ダム協会に出展していただき、日本の最新技術の紹介に努めた。大会参加者、招待者などのリピーターを含まない人数で約 2,100 名の来場者があり、大変盛況であった。台形 CSG ダム工法などについてその後外国からの問い合わせも多くあり、今後日本のダム技術の国際進出に寄与できるのではないかと期待しているところである。

【ダム事業の海外進出】

世界的にみれば現在大規模ダムが数多く建設されているのは中国及びベトナムなどの東南アジア、イランなどの中近東、ブラジルなど中南米及びアフリカ諸国でいずれも発展途上国である。ヨーロッパ諸国ではスイスなどで原子力発電中止に伴い既設ダムの再改築の動きがある。

現在までに日本は既にダムの建設、施工管理、調査計画などである程度の海外進出を行っている。しかし、日本国内において将来的にダム事業の盛況が見込めない以上、より一層海外進出を目指すのは当然であろう。しかし、人件費の面では海外進出を目指す中国、韓国などとの競争は難しい。従って、他の追従を許さない独自技術及び総合技術で売り込む必要があるが、日本は多くの独自技術を所有し、数多くのダムを安全に建設、管理してきた実績がある。関係者の皆さまが日本のダム事業の停滞あるいは衰退を嘆くのではなく、海外進出の契機ととらえて今後の御活躍を願うものである。

—さかもと ただひこ 一般社団法人 日本大ダム会議 会長

国際大ダム会議 副総裁—

「改訂版 巡航 RCD 工法施工技術資料」の紹介

小 杉 淳 悟

巡航 RCD 工法は、RCD コンクリートの先行打設、外部コンクリートの独立・後行打設、型枠を用いない RCD コンクリートの打止めという特徴を有する高速施工法である。平成 18 年より嘉瀬川ダムにおいて技術開発・検討が進められ、堤体 1 リフト中央部において適用された。それらの検討成果を取りまとめで、平成 22 年 3 月に「巡航 RCD 工法施工技術資料」が刊行された。平成 22 年以降、湯西川ダムにおいて巡航 RCD 工法のさらなる合理化のため、1 リフト全面連続施工を可能にする技術の開発・検討がなされ、湯西川ダムにおいて 9 リフト連続で巡航 RCD 工法を用いて施工がなされ、より一層の高速化と施工性・安全性の向上が確認された。嘉瀬川ダム・湯西川ダムで得られた知見をとりまとめ、平成 24 年 2 月「改訂版 巡航 RCD 工法施工技術資料」が刊行された。

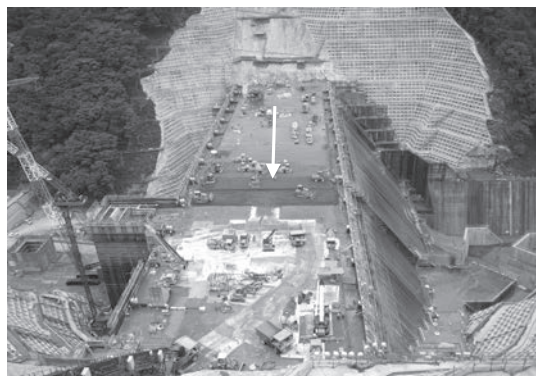
キーワード：巡航 RCD 工法、高速施工法、合理化施工、RCD コンクリート先行打設

1. はじめに

巡航 RCD 工法は、嘉瀬川ダムにおいて初めて堤体打設に用いられ、打設速度や打上がり速度の向上効果が確認された。嘉瀬川ダムにおける巡航 RCD 工法で RCD 工法の新しい施工手順、RCD コンクリートの先行打設、外部コンクリートの独立・後行打設と型枠を用いない傾斜打止め手法が開発、採用されたが、1 リフトを 2 ないし 3 に分割し、打設を行うことが想定されていた。これに対し、湯西川ダムでは 1 リフトを全面的に、無分割で連続的に打設を行う“新たな”巡航 RCD 工法が開発され、打設速度や打上がり速度について更なる向上が達成された(写真—1 参照)。これは、嘉瀬川ダムで得られた知見・技術に加えて、RCD コンクリートの 1:0.8 端部法面による打止め・打継ぎ

手法の開発、アバットメント着岩部の施工法、施工機械の移動手法の実用化等新たに開発・工夫された施工技術が統合されたことによるものである。

湯西川ダムでの施工をうけて、それまで得られていた知見と湯西川ダムで得られた技術情報を合わせて整理し、巡航 RCD 工法の特徴・効果・施工手法、確認試験、施工計画についてとりまとめるために、財団法人ダム技術センターに「巡航 RCD 工法施工技術資料改訂検討会(座長：藤澤侃彦ダム技術センター顧問)」が設置され、「改訂版 巡航 RCD 工法施工技術資料」が刊行された(図—1 参照)。



写真—1 巡航 RCD 工法の施工状況



図—1 改訂版 巡航 RCD 工法施工技術資料

本報告においては、「改訂版 巡航 RCD 工法施工技術資料」の各章の概要について報告するものである。

2. 「第1章 概要」, 「第2章 巡航 RCD 工法の特徴」

第1章及び第2章では、巡航 RCD 工法の施工方法の特徴、効果の概要、基本的な施工手法について記述している。

(1) 巡航 RCD 工法の施工方法の特徴

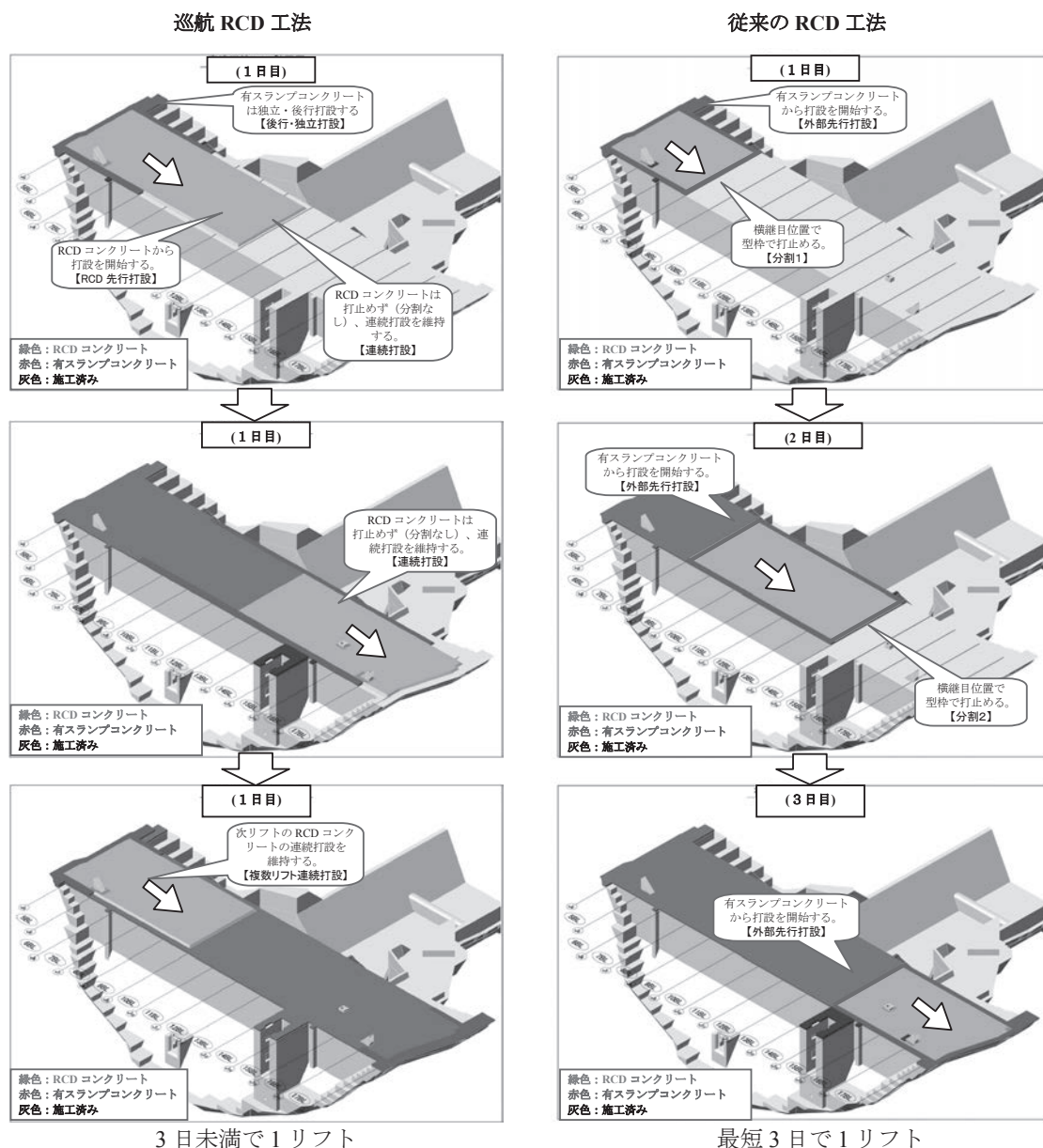
巡航 RCD 工法は① RCD コンクリートの先行打設、②外部コンクリートの独立・後行打設、③打止め型枠の省略という施工上の特徴を有する（図－2 参照）。

① RCD コンクリートの先行打設

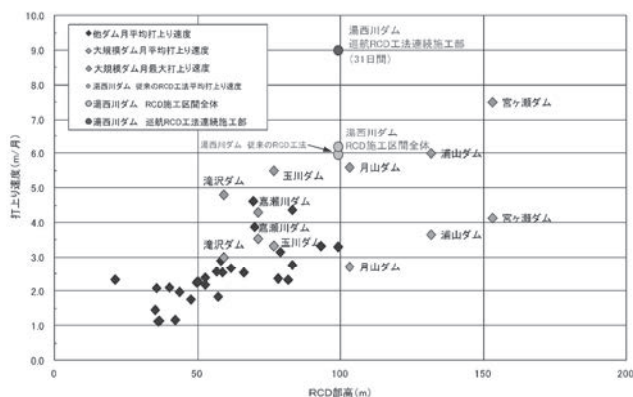
従来の RCD 工法では外部コンクリートと RCD コンクリートの打ち継ぎ規制時間の関係から両者を交互に打設する必要がある、これが打設効率を低下させる要因となっていた。巡航 RCD 工法では、RCD コンクリートを先行打設するため従来の RCD 工法のような交互打設が撤廃され、打設開始直後から設備能力を十分生かした高い打設速度が維持されるとともに、打設効率が向上することとなる。

②外部コンクリートの独立・後行打設

外部コンクリートは上下流面型枠、RCD コンクリート、横継目で囲まれた小ブロック単位での打設であり、また、RCD コンクリートへの外部コンクリートの打継ぎには、打継ぎ時間規制を実務上（72 時間での一



図－2 巡航 RCD 工法と従来の RCD 工法の施工イメージ



図一六 RCD 部高と RCD 部打上がり速度の関係

③施工性の向上

巡航 RCD 工法は、RCD コンクリートの打止めに打止め型枠を用いないので、任意の位置で打止めが可能となり、降雨等による打止め（中断）に際し、許容時間ぎりぎりまで打設を進めることが可能となる。打設再開への対応も容易であり、打設再開が早くなることから、打止めによる時間ロスが大幅に短縮される。

また、RCD、外部コンクリート間の打継時間規制を必要としないことから、RCD コンクリートの打設レーン計画は、外部コンクリートと独立して設定することが可能となり、レーン計画の自由度が格段に向上する。この打継時間規制に起因する外部コンクリート量の増加も防止できる。

さらに、外部コンクリートは、先行打設した RCD コンクリート、上下流面型枠、横継目で囲まれた小ブロック単位で打設されることとなり、外部コンクリートは、打設設備に余裕がある時に自由に打設することが可能となる。

④施工安全性の向上

RCD コンクリートと外部コンクリートの打設現場が異なるため、異種コンクリートの打設が近接せず、施工の安全性が格段に向上する。

(3) 巡航 RCD 工法で使用する基本的な施工手法

巡航 RCD 工法で使用する基本的な施工手法に関する技術、確認事項は以下のとおりである。

①端部法面締固め技術

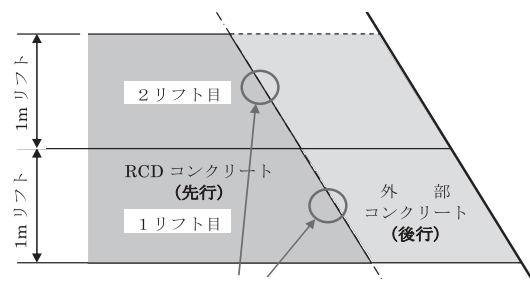
巡航 RCD 工法では、RCD コンクリートを外部コンクリートに先行して打設するため、RCD コンクリートの外縁に端部法面ができる。この端部法面は、一般部と同様に確実な締固めが必要である。端部法面は、1:0.8 の勾配の斜面を形成し、専用機械にて確実な締固めを行う（写真一 2 参照）。



写真一 2 端部法面締固め状況

② RCD コンクリートと外部コンクリートの一体化の確認

外部コンクリートは、先行打設された RCD コンクリート端部法面、上下流面型枠、横継目金物（目地パネル）に囲まれたブロックで打設し、RCD コンクリートと確実に一体化させる（図一 7 参照）。



図一七 RCD コンクリートと外部コンクリートの一体化の確認

端部法面は、滑面層（ノロ）が発生しないので、洗浄等による打継面処理は不要である。コンクリート打継時にモルタルを敷設して確実な一体化を図る。

③端部法面打止めによる打継ぎと一体化の確認

巡航 RCD 工法では、RCD コンクリート同士の打継ぎ、一体化を行う場合には、以下に示す方法を用いる。

1) 1:0.8 端部法面締固めによる方法（写真一 3 参照）



写真一 3 1:0.8 端部法面による打止め施工状況

(1) RCD コンクリートの打止めは、端部法面締固めで実施する。

(2) 端部締固め法面に RCD コンクリートを打ち継ぐ際には、モルタルを入念に敷設する。

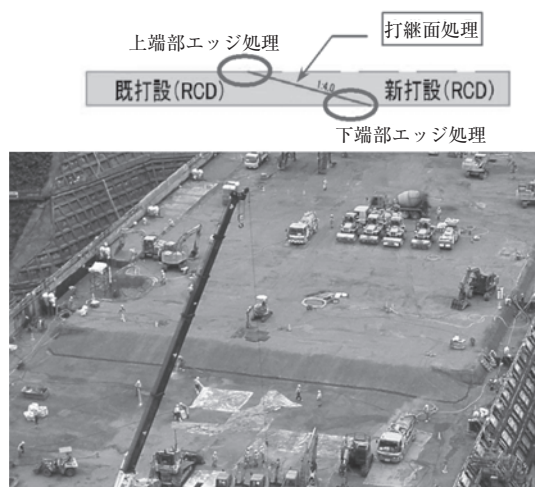
④傾斜打止めによる打継ぎと一体化の確認

2) 傾斜打止めによる方法（写真—4 参照）

(1) 1 : 4.0 以上の勾配で横継目位置を避けた適切な位置で傾斜打止めを実施する。

(2) 傾斜打止めの端部はエッジ処理を行う。また、適切な時期に打継面処理を行う。

(3) RCD コンクリートを打ち継ぐ際には、モルタルを入念に敷設する。

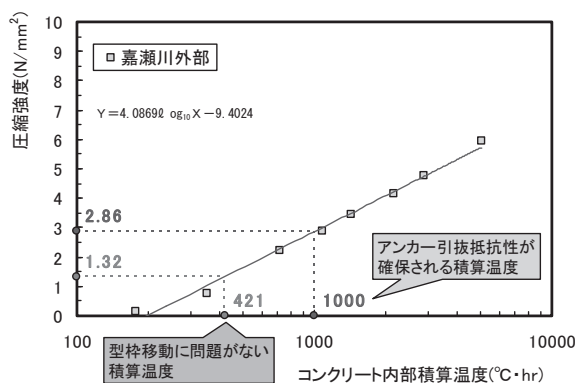


写真—4 傾斜打止めの施工状況

⑤積算温度による施工管理技術

型枠移動時期、打継面処理開始時期、ダンプ走行路の保護方法などは、コンクリートの積算温度で管理する。積算温度の求め方としては以下の2方法がある。

- 1) コンクリート温度を直接計測して、その積算温度で管理する。
- 2) コンクリート温度の積算温度と外気温の積算温度との関係を把握し、現場では外気温の積算温度で管理する（図—8 参照）。



図—8 嘉瀬川ダムにおける外部コンクリート積算温度と圧縮強度の関係

⑥水平打継面処理の確認

巡航 RCD 工法での水平打継面処理は、以下の方法により行う。

1) 外部コンクリートの水平打継面処理

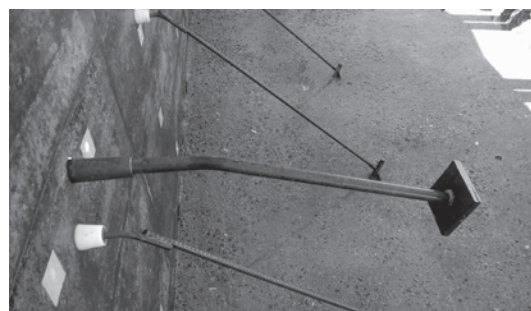
外部コンクリートの水平打継面処理は、内部振動機の締固めにより生じるブリーディングを確実に除去することを目的として、適切な時期に圧力水を用いて実施する。

2) RCD コンクリートの水平打継面処理

RCD コンクリートの水平打継面処理は、表面の振動ローラの転圧により生じる滑面層（ノロ）を確実に除去することを目的として、低圧力水を用いて実施する。

⑦型枠の早期移動の確認

巡航 RCD 工法においては、1 リフト 3 日未満で複数リフトを連続的に打設できるように、上下流面型枠を早期に脱型・移動する必要がある。プレート型アンカーを使用することで、脱型の早期化が図れる（写真—5 参照）。早期脱型は、積算温度で管理できる。



写真—5 プレート型アンカー

3. 「第3章 巡航 RCD 工法の施工方法」

(1) 巡航 RCD 工法の施工方法の基本

巡航 RCD 工法の施工の基本は、配置した施工設備能力を最大限活用して、堤体コンクリートを連続的に打設することである。第3章においては、この基本を達成するために必要な要素技術について説明している。

連続施工を可能とするための要素技術は下記のとおりである。

- ① RCD コンクリートの先行打設
- ② RCD コンクリートの打止め・打継ぎ
 - ・端部法面による打止め・打継ぎ
 - ・傾斜打止めによる打止め・打継ぎ
- ③外部コンクリートの独立・後行打設
 - ・打設開始時期
 - ・打設方法

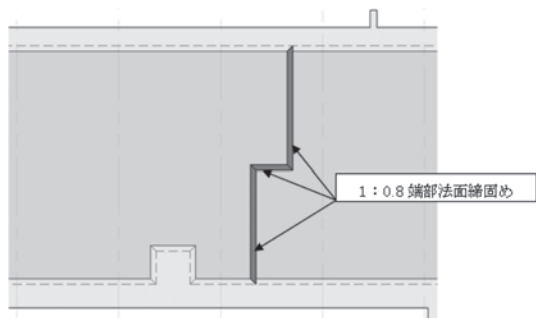
・横継目設置方法

- ④構造物周辺等の打設
- ⑤着岩部コンクリートの打設
- ⑥水平打継面処理
- ⑦RCD コンクリート面上のダンプ走行
- ⑧上下流面型枠の移動
- ⑨資機材の移動方法
- ⑩機械・設備の点検・整備方法
- ⑪施工設備計画の配慮事項
- ⑫降雨時・休日前日など打設中断・再開の対応
- ⑬打設前検査

なお、ここでは、湯西川ダムにおいて新たに導入された施工方法である、1:0.8 端部法面による RCD コンクリートの打止め・打継ぎについて紹介する。

(2) 1 : 0.8 端部法面による RCD コンクリートの打止め・打継ぎ

巡航 RCD 工法では連続施工が行われるが、降雨時、休日前日および不測の事態が発生した際には打止めを行う必要がある。この場合には、1 : 0.8 端部法面による打止めを行う。打継ぎに際しては入念なモルタルの敷設を行う。打止めは横継目位置で行わず、横継目位置を越えて横継目の挿入目地が十分余裕をもって施工できる位置で行う。また、上下流に連続した継目を形成しないよう、上下流方向一直線の配置を避けて、ク



図—9 端部法面による打止め



写真—6 入隅部の締め固め状況

ランク状(かぎ型)に打ち止める(図—9 参照)。なお、打止め位置が上下リフトで連続しないように、下リフトの打止め位置とは異なる箇所で行う。クランク状に打ち止める場合、コーナー部、特に入隅部が締め固め不足とならないよう注意することが重要である(写真—6 参照)。

4. 「第4章 確認試験」

(1) 確認試験概説

巡航 RCD 工法による本体施工に先だって実施する確認試験について、嘉瀬川ダムまたは湯西川ダムにおける具体の事例と共に説明している。

確認試験の内容は以下のとおりである。

- ① RCD コンクリート端部法面の締め固め試験
- ② RCD コンクリート部と外部コンクリート一体化確認試験
- ③ 1 : 0.8 端部法面による RCD コンクリート打継ぎの一体化確認試験
- ④ 傾斜打止め部のエッジ処理試験
- ⑤ 外部コンクリートの若材齢強度と積算温度の関係把握試験
- ⑥ 外部コンクリートの打継ぎ面処理(レイタンス処理)試験
- ⑦ RCD コンクリートのソフトトリートメントによる打継ぎ面処理試験
- ⑧ 若材齢コンクリート面のダンプ走行試験

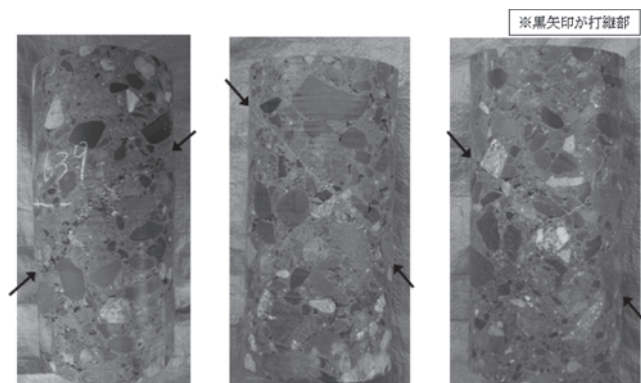
ここでは、3 章と同様に、湯西川ダムにおいて新たに導入された施工方法である、1 : 0.8 端部法面での RCD コンクリート打継ぎ一体化試験について紹介する。

(2) 1 : 0.8 端部法面での RCD コンクリート打継ぎ一体化試験

施工時に予想される最大の打継時間間隔に対して、モルタルの敷設により端部法面での RCD コンクリート打継ぎ一体化、密実化が確実にされること、および後行打設する RCD コンクリートを確実にまき出し、締め固める施工方法を試験により確認する。

湯西川ダムの現地試験で、端部法面を締め固めた先行 RCD コンクリートと、打ち継がれた後行 RCD コンクリートは打継面にモルタルを入念に敷設することにより、コア観察及び圧縮強度試験による一体化確認試験により、打継時間間隔が 288 時間でも確実に一体化し、打継部周辺が一般部同様に密実であることが確認されている。

また、本体工事で実施した1:0.8端部法面でのRCDコンクリートの打継ぎについて、堤体からコア採取してその一体化を確認している（写真—7参照）。



写真—7 1:0.8端部法面でのRCDコンクリート打継ぎ面のコア状況

5. 「第5章 巡航RCD工法の施工計画」

巡航RCD工法の施工計画は、堤体形状や堤内構造物の配置計画などの堤体設計と、地形・地質条件や気象の地域特性、ダムサイト周辺の自然・社会環境などの条件を十分に考慮し、巡航RCD工法の効果が最大限発揮でき、経済性、工期、効率が最適となる計画を策定することが重要である。第5章では、検討フローの概要、施工計画上の基本事項、リフトスケジュールの基本的な考え方、施工設備のほか、管理体制、設計に際しての留意事項について説明している。

6. おわりに

巡航RCD工法は、嘉瀬川ダム、湯西川ダムでの努力により発展をみることができたが、今後更に工夫を重ね、一層の合理化を図る必要があることはいうまでもない。例えば、端部法面の施工性の改良、1リフトの連続施工を発展させた2リフトの連続施工による更なる打設速度・打上がり速度向上や河床部から構造物設置リフトを含めて上位標高まで通した巡航RCD工法の適用などが当面の課題として挙げられる。

今後のダムでの技術開発の続行を大いに期待するものである。

JCMA

【筆者紹介】

小杉 淳悟（こすぎ じゅんご）
財団法人ダム技術センター
研究第一部
研究員



台形 CSG ダム

樋口 淳美

本報告は台形 CSG ダムの概要，設計，施工，品質管理の基本的考え方について紹介するとともに，平成 24 年 6 月に刊行された「台形 CSG ダム設計・施工・品質管理技術資料」の内容について報告するものである。

キーワード：台形 CSG ダム，台形ダム，CSG 工法，台形 CSG ダム設計・施工・品質管理技術資料

1. はじめに

ダムの建設においてはこれまで多くの技術開発がなされてきたが，今日の社会情勢，経済情勢の下で，より一層のコスト縮減と環境保全に配慮した技術開発が望まれている。一方，堤体材料を得るための原石山の地質条件等が厳しくなっており，歩留りの低下，掘削法面の長大化等によるコストの上昇や環境負荷の増大が大きな課題となってきた。このため，“材料の合理化”を図ることができれば，大規模なコスト縮減と環境負荷軽減に資することができる。台形 CSG ダムは，この“材料の合理化”に着目した新しい型式のダムであり，あわせて“設計の合理化”，“施工の合理化”にも資するものである。

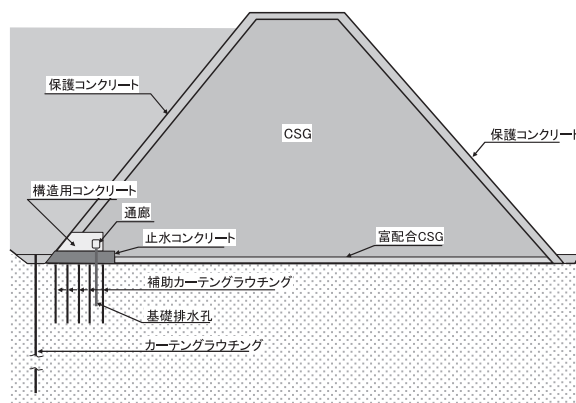
本報告では台形 CSG ダムについて紹介するとともに，平成 24 年 6 月に刊行された「台形 CSG ダム設計・施工・品質管理技術資料」の内容について報告するものである。

2. 台形 CSG ダムの概要

(1) 台形 CSG ダム

図—1 に台形 CSG ダムの標準断面を示す。台形 CSG ダムは，堤体材料として CSG を用い，表面には耐久性の確保を目的とした保護コンクリートを配置する。また，上流面下部に通廊，構造用コンクリートおよび浸透路長の確保のための止水コンクリートを設ける。なお，堤体底面の CSG には，基礎岩盤との密着性および耐久性に配慮して富配合の CSG を用いることとしている。

CSG (Cemented Sand and Gravel) とは建設現場



図—1 台形 CSG ダム標準断面

周辺で手近に得られる材料を，基本的に分級・粒度調整，洗浄を行うことなく，必要に応じてオーバーサイズの除去や破碎を行う程度で，セメント，水を添加し，簡易な施設を用いて混合したものであり，後で述べる強度の定義とその決定法並びに強度管理手法を有するものである。CSG 工法とはこの CSG をブルドーザで敷均し，振動ローラで転圧することによって構造物を造成する工法である。台形 CSG ダムは，3 章で述べる台形ダムと，この CSG 工法の特徴をあわせ持つ新しい型式のダムである。

台形 CSG ダムの大きな特徴は，CSG を弾性体とみなせる応力の範囲で用いることから，「弾性体として設計」されることである。このため，コンクリートダムと同様に堤体内に放流設備や通廊を，堤頂部に非常用洪水吐きなどを設置することを可能としている。

(2) 台形 CSG ダムの開発と現状

我が国で最初に CSG 工法を適用した構造物は長島ダム上流仮締切堤である。これ以降，CSG 工法は，

多くの仮締切堤、押え盛土工などに採用され、実績を急速に増やし、大保ダム沢処理工、灰塚ダム川井堰堤、嘉瀬川ダム副ダムについては、ダム本体ではないが、台形 CSG ダムの理論を用いて設計されている。一方、ダム建設においては、これまで以上にコスト縮減と、環境への配慮が強く求められており、そのためコスト縮減や環境負荷軽減に資する CSG 工法が着目され、台形 CSG ダムを材料、設計、施工の合理化に資する新たなダム型式として捉え、その設計方法の検討が行われた。

これらの検討結果を受けて、平成 13 年 5 月に開催された第 29 回ダム技術会議において、億首ダム、サンルダム、本明川ダムの 3 ダムを台形 CSG ダムとして検討を進めることが認められた。また、大保ダム沢処理工および灰塚ダム川井堰堤では、台形 CSG ダムの設計・施工・品質管理等に関する多くのデータが得られ、これらの結果は「台形 CSG ダム施工・品質管理技術資料」(平成 19 年 9 月)に反映されている。

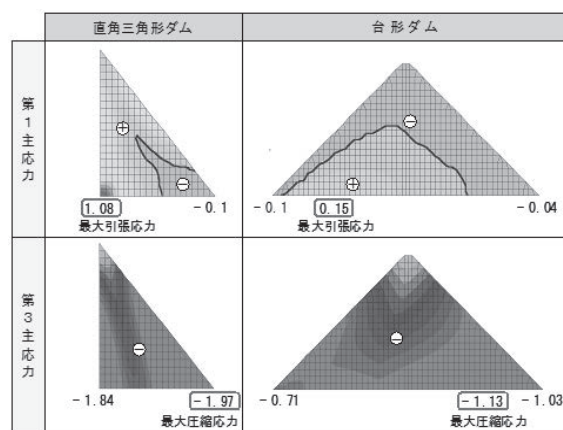
上記 3 ダムに引き続き、当別ダム、厚幌ダム、三笠ぼんべつダム、鳥海ダムについて検討が進められた。このうち、当別ダムについては補助ダムとして最初に大臣特認の認定を受け、平成 20 年 8 月には本体発注を行い、平成 24 年 10 月に竣工しており、月間打設量 11 万 7 千 m^3 という大量高速施工を実現している。また、億首ダムについては、平成 21 年 3 月に本体発注を行い、平成 24 年 9 月からは試験湛水を実施中である。

なお、当別ダム、億首ダム、嘉瀬川ダム副ダムの施工実績を踏まえて、台形 CSG ダムの設計施工全般について再検討を行い、平成 24 年 6 月に「台形 CSG ダム設計・施工・品質管理技術資料」がまとめられており、その概要については 5 章で記述する。また、ダム本体以外では大滝ダム、浅川ダムで地すべり対策工を CSG 工法で実施しているほか、仮締切などの仮設構造物として、CSG 工法が多くのダムで適用されている。

3. 台形 CSG ダムの設計 (台形ダム)

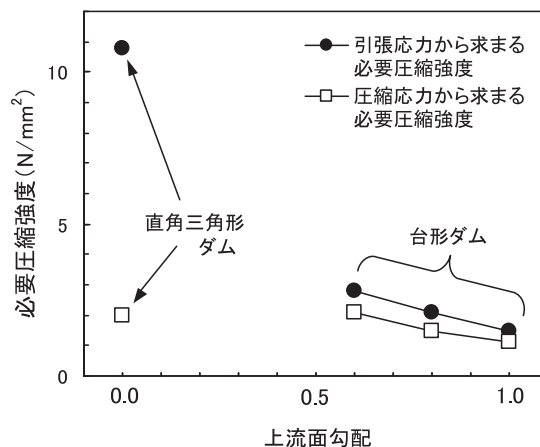
図一 2 に従来の直角三角形形状のダムと台形形状のダムの自重・静水圧・地震荷重を考慮した場合の最大応力の分布を示す。地震荷重は動的解析により考慮し、その際、兵庫県南部地震時に一庫ダム(水資源機構)で得られた上下流方向の加速度波形を最大加速度 250 gal に調整したものをを用いている。

引張応力の最大値として直角三角形ダムでは 1.08 N/mm^2 、台形ダムでは 0.15 N/mm^2 となっており、



計算条件

- ・ 堤高 50 m, 貯水深 45 m
- ・ 堤体の弾性係数(E_c) / 基礎岩盤の弾性係数 (E_r)=2
- ・ 自重+静水圧+地震時慣性力・動水圧
(地震荷重としては、兵庫県南部地震時に一庫ダムで得られた上下流方向の加速度波形を、最大加速度 250 gal に調整したものをを用いている。)



図一 2 堤体形状と必要圧縮強度

圧縮応力の最大値としては各々 1.97 N/mm^2 、 1.13 N/mm^2 となっている。引張応力については、重力式コンクリートダムに用いられる程度のコンクリート強度では、引張強度は圧縮強度の 10% 程度とされており、この関係を用いると、直角三角形ダムでは 1.08 N/mm^2 の引張強度を確保するために、この値を 10 倍した 10.8 N/mm^2 の圧縮強度が必要となる。台形ダムでは同様に 1.5 N/mm^2 の圧縮強度が必要となる。つまり、台形ダムは、直角三角形ダムの 14% 程度の強度でよいことになる。この関係を図一 2 に併せて示す。(ここでは簡単のため、安全率を 1 として考えている。)

この図から内的安定性については、直角三角形ダムと比較して台形ダムは、小さな圧縮強度を有する材料でも満足することが分かる。

外的安定性の転倒については、台形ダムはその形状から、擁壁などで想定・検討されるような転倒はあり得ない。台形ダムでは、常時はもちろんのこと、地震

時（動的解析による）においても底面全域で鉛直応力が基本的に圧縮状態であること、これをもって転倒防止の条件としている。この条件は、台形ダムの必要条件である。

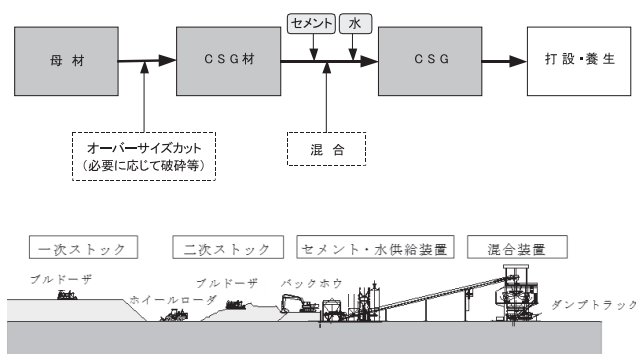
台形ダムは堤敷長が直角三角形ダムに比べて長く、かつ形状が左右対称であることから、せん断応力の変化が少ない。また、上記の転倒の条件から、鉛直応力が堤体底面全域で圧縮側にあり、全面的に摩擦力が期待できるため、滑動に対しては堤体と基礎岩盤の摩擦のみで十分抵抗できる。

4. 台形 CSG ダムの施工

(1) 台形 CSG ダムの施工の概要

台形 CSG ダムに用いられる母材は、掘削ズリなどの現地発生材、河床砂礫、段丘堆積物、風化岩など比較的容易に入手し得る岩石質の原材料である。前章で述べたように台形ダムの必要強度は高くないため、台形 CSG ダム型式の場合、母材に要求される品質もコンクリート骨材と比較して低くてよいことになり、材料の合理化に大きく寄与するものである。CSG 材とは、原材料である母材のオーバーサイズ除去又は破碎を行ったもので、分級・ブレンドなどの粒度調整および洗浄は基本的に行わない。このため、通常のコンクリートダムの建設で必要となる骨材製造設備や濁水処理設備などの大がかりな設備が不要となる。CSG は CSG 材にセメント、水を添加し混合したもので、コンクリートの混合設備より簡易な施設で連続的に混合することとしている。

一般的な CSG の製造工程は図—3 に示すとおりであり、混合された CSG は、RCD 工法などと同様に面状工法により施工され、打設に用いる機械は、通常のダム工事で用いられるダンプトラック、ブルドーザ、振動ローラなどの汎用機械である。CSG は単位セメ



図—3 CSG の製造工程

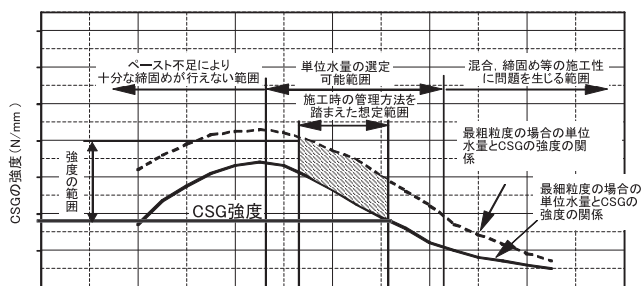
ント量、単位水量が少なくブリージングが極めて少ないことから（単位セメント量 80 kg/m^3 程度以下を想定）打設時のグリーンカットを必要とせず、また横継目の間隔も大きくしており、施工の簡略化、高速化を図ることができる。

このように、台形 CSG ダムは手近に得られる材料を有効に用い、粒度調整、洗浄を行うことなく簡易な設備、汎用機械で施工するため、施工の簡略化、環境への影響低減、コスト縮減、高速施工を可能とするものである。

(2) 台形 CSG ダムの品質管理

CSG の母材は、分級・粒度調整は基本的に行わないことから、粒度は同一採取地の材料であっても当然変動する。また、粒度が変動するため、単位水量を一定に保つことも困難となる。このため、以下の手順により CSG の強度を設定し、品質管理を行うこととしている。

まず粒度については、母材採取地で得た材料で数多くの粒度試験を行い、CSG 材の最も粗い粒度と最も細かい粒度を把握し、この粒度について強度試験を行う。強度試験に用いる単位水量としては、試験水量幅を広くとり、その間の複数の単位水量を設定して試験することで、単位水量の影響を把握することとし、図—4 に示すように、粒度を変数とした単位水量—CSG の強度線が得られる。



図—4 「ひし形」理論

単位水量に関しては、水量が少なくなると明らかに水不足で強度が発現しない状況が現れ、また、多すぎると混合時にミキサの羽根などに付着が著しく、実際の施工に不向きとなる現象が現れる。これは、単位水量に選定可能範囲—許容範囲—が存在することを示すものであり、この単位水量の許容範囲を縦線で記入すると、CSG の強度は上下2本の粒度—強度線で挟まれる内側で、2本の許容単位水量範囲を示す縦線で区切られる「ひし形」の範囲内（図—4 の斜線部分）に分布する。この「ひし形」範囲の中で、最も低い強度

(ポットミキサ)と同等以上の混合性能を有することを確認するものであり、試験の結果、実機の混合設備によるCSGの強度がポットミキサによる強度より小さい場合(実機の混合性能がポットミキサより劣る場合)には、単位セメント量を増やすか、混合装置を再検討することを検討する必要がある。確認試験については、当別ダム、億首ダム、嘉瀬川ダム副ダムにおける実施結果を受けてまとめられたものである。

(5) 品質管理

台形CSGダムの品質管理は①粒度・単位水量が設定した幅の中にあることを確認する材料管理、②その密度・吸水率が変化するCSG材の変化を事前に把握し、「ひし形」に影響するか否かを判断し、遅滞なく材質変化に伴う「ひし形」の再構築を行う材料品質管理、③振動ローラの転圧回数管理から構成される。また、強度の変動傾向、すなわちCSG材の品質の変動傾向、管理システムのトラブル等を把握するために現場における密度測定、供試体強度試験も実施され、供試体強度も、できれば7日強度程度の早期材齢の強度を用いることが望ましいとされている。ここでは、3ダムでのこれらの品質管理の例が示されており、「ひし形」の再構築を行った例も示されている。

品質管理のための手法(品質管理のフロー、品質管理のための試験方法等)についても、3ダムの施工例をもとに取りまとめを行っているが、粒度や含水量の測定について、さらに合理的な試験方法の開発の試みもなされている。また、ICTによる施工管理を含めた管理の合理化についても試行されており、今後のさらなる合理化が望まれる。

(6) 施工

台形CSGダムの施工は、CSG打設、保護コンクリート打設、型枠設置が、それぞれ異なった場所で独立して互いの干渉なく実施することを基本としており、2層(1.5m)を4日間で施工することが行われている。CSGの運搬方法、堤体への進入部分の工夫等も行われており、これら各ダムでの施工例が紹介されている。また、材料採取に関しては、特に細粒分の多い河床砂礫を、地下水位以下から採取する場合の水切り方法について、当別ダムの例を基に記述されている。

基礎掘削については、岩盤の噛み合わせ(摩擦抵抗)が十分に期待できるよう適切に施工する必要がある、各現場における岩盤性状に応じて掘削や岩盤清掃の仕様を設定する必要がある。このため、掘削仕様について現地試験を行って決定した例が示されている。

打継面の処理については、広い範囲に施工する必要性から、清掃車を用いた打設面の清掃が行われている。また、セメントペーストの散布のための散布車の工夫なども行われている。さらに、CSG打設後の養生方法や、積雪寒冷地における越冬面の保護及び越冬後の処理について記述されている。

保護コンクリートの打設に先行してCSGの打設が行われるため、端部法面の施工方法に工夫が必要であり、その施工手順については図—5に示したとおりであるが、端部については振動ローラによる転圧ができないため、専用の締固め機械等が開発されている。

このほか、プレキャスト型枠、横断構造物、構造物周辺の施工、コンクリート部のチッピング、モルタル塗布、洪水吐き及び取水設備の施工等について記述が加えられている。

6. おわりに

当別ダム、億首ダム、嘉瀬川ダム副ダムの実施により、設計・施工・品質管理において貴重な知見が得られたが、台形CSGダムに関する技術は発展途上の技術であり、今後さらに検討が必要となる。したがって、ここで紹介した「台形CSGダム設計・施工・品質管理技術資料」についても、現時点での最新情報を基に作成されたものであるが、あくまで現時点での評価であることから、今後の台形CSGダムの検討は、更なる進化を目指して進んでいく必要がある。

J C M A

【筆者紹介】
樋口 淳美(ひぐち あつよし)
(財)ダム技術センター
首席参事役



湯西川ダムにおける巡航 RCD 工法の施工実績

大 内 齊・岡 山 誠・戸 澤 清 浩

重力式コンクリートダムにおける従来の RCD 工法を合理化することにより、更なる高速施工を可能とした「巡航 RCD 工法」を湯西川ダム（国土交通省関東地方整備局発注）において施工した。従来の RCD 工法は施工速度の遅い外部コンクリートを先行打設後、打継時間を遵守したうえで、施工速度の速い内部コンクリートを後行するため、打設速度が外部コンクリートに拘束される場面があった。一方、巡航 RCD 工法では内部コンクリートを先行打設し、打設能力の余力で外部コンクリートを打設するため、仮設備能力を十分に発揮し高速打設が可能となる。本報では、巡航 RCD 工法に必要とされる施工仮設備を中心に、巡航 RCD 工法の施工方法、施工技術について紹介する。

キーワード：重力式コンクリートダム、巡航 RCD 工法、ダム用施工設備、高速施工

1. はじめに

湯西川ダムは、栃木県日光市西川に建設された堤高 119 m、堤頂長 320 m、堤体積約 105 万 m^3 という大規模な重力式コンクリートダムである。堤体コンクリート打設工法としては、RCD 工法（頂部は ELCM 工法）が適用された。

RCD 工法は、重力式コンクリートダムの合理化施工法として確立された工法である。近年更なる合理化を目指し、RCD 用コンクリートのうち、内部コンクリートを外部コンクリート打設より先行することにより高速施工を可能とした「巡航 RCD 工法」が開発され、嘉瀬川ダム（国土交通省九州地方整備局発注）において試験的に採用された。

湯西川ダムでは、ダム本体の基礎掘削量増加に伴いダム本体コンクリート量が増加したことから、ダム本体工期の延伸が懸念されることとなった。このため、打設工程を短縮するための対策として「巡航 RCD 工法」の適用が検討された。それまで当ダムでは、従来の RCD 工法によって 1 リフトを 3 分割して 3 日間で打ち上げていくことを基本としていたため（月最大約 79,000 m^3 ）、打設工程短縮を実現するためには、1 リフト 3 日未満での施工が必要となった。

そこで、配置された施工設備の能力を最大限活用する「巡航 RCD 工法」適用のシミュレーションを比較的構造物の少ない中標高部において行ったところ、1 リフト 3 日未満での施工が可能との結論が得られた。

このため、1 リフト 3 日未満の施工サイクルを連続的に続けられる「巡航 RCD 工法」の適用によって堤体打設工程の短縮を図ることとした。採用に当っては、数々の課題を解決するため、場外で事前の試験施工を実施するとともに、新たな施工技術の開発も実施した。

2. 従来の RCD 工法と巡航 RCD 工法の違い

「従来の RCD 工法」は、打設区画毎に外部コンクリートと内部 RCD 用コンクリートを交互に打設し、相互の一体化を確保しながら進めるコンクリート打設工法である。

「巡航 RCD 工法」は、RCD 用コンクリートを先行打設し、外部コンクリートは RCD 用コンクリートと分離・独立した施工が可能となるため、打設開始直後から設備能力が最大限活用された高い打設速度が維持されるとともに、打設効率の向上が図れる工法である。巡航 RCD 工法の施工状況（内部コンクリート先行打



写真—1 巡航 RCD 施工状況

設)を写真—1に示す。

3. 高速施工に適合した施工設備計画

巡航 RCD 工法においては、大量のコンクリートを短期間に打設する高度な施工技術が要求され、それらを達成するために、大規模かつ合理的・効率的なダム用施工設備(骨材製造設備, 骨材輸送設備, コンクリート製造設備, コンクリート運搬設備)の計画・配置が必要となった。以下にその概要を示す。

(1) 施工設備への要求事項

- ・工期短縮を実現するために必要なコンクリート打設能力は、 $367.2 \text{ m}^3/\text{h}$ (月最大約 $79,000 \text{ m}^3$) となるため、それを確保できるコンクリート製造・輸送設備とする必要がある。
- ・コンクリート打設能力に合致した骨材製造能力 450 t/h の骨材製造設備が必要である。
- ・採取地の異なる 4 種の原石骨材(川治河床砂礫, 湯西川河床砂礫, 堤体掘削ズリ, 原石山骨材)は、単独で使用することから、骨材切替時における混合を避け、品質に留意した設備構造が必要である。
- ・周辺居住地への配慮から、施工設備の稼働時間を制約する必要がある。
- ・ダムサイトは冬期期間の気象条件が厳しく、冬期運用については凍結対策が必要である。

以上の条件を踏まえ、高速施工に対応できる最適な

施工設備選定, 配置計画を立案した。

(2) 施工設備の計画概要

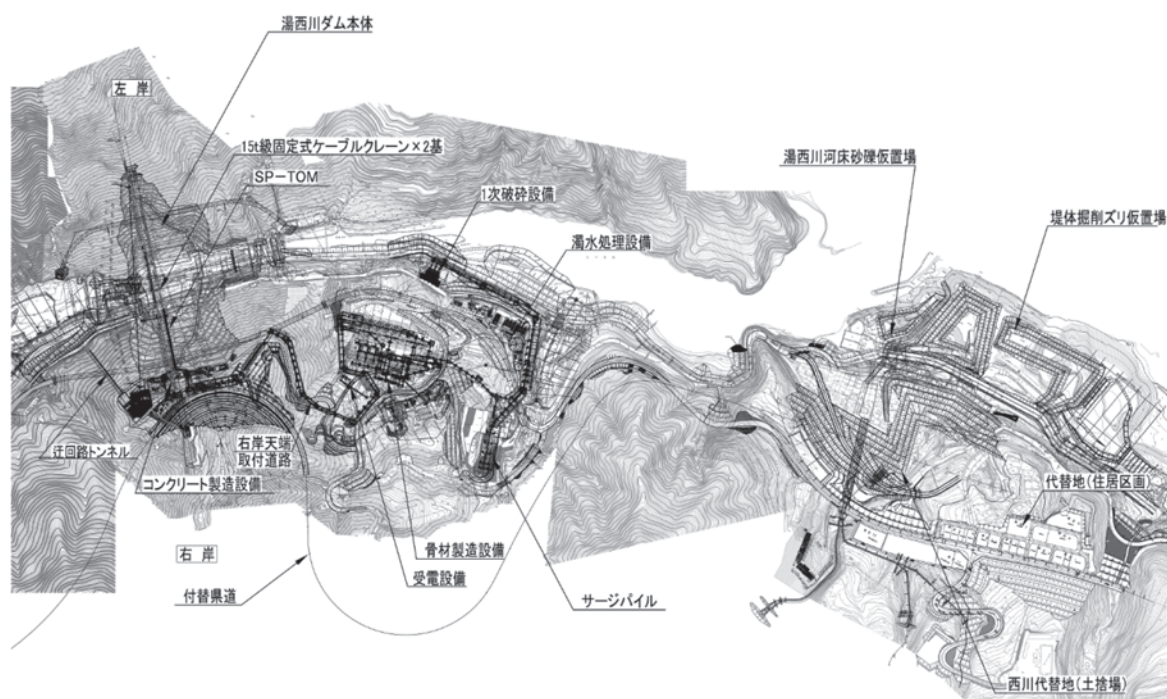
前述した条件を考慮したダム用仮設備の基本計画を以下に示す。

- ・骨材製造設備は、製造能力 (450 t/h) に対応可能な設備仕様とし、4 種の原石骨材を使用することによる骨材切替作業が円滑に実施でき打設休止時間を短縮できる設備計画とした。
- ・コンクリート運搬設備は、 15 t 級ケーブルクレーン $\times 2$ 基と大容量連続搬送を可能とする「SP—TOM」の組合せを採用した(運搬能力: $367.2 \text{ m}^3/\text{h}$)。また、ケーブルクレーン 1 基は、主索を簡易移設可能な構造とした。
- ・コンクリート製造設備は、2 軸強制練ミキサー $\times 2$ 基搭載したバッチャープラントを右岸天端に 2 台(製造能力 $180 \text{ m}^3/\text{h} \times 2 \text{ 台} = 360 \text{ m}^3/\text{h}$) 配置した。
- ・コンクリート運搬・製造設備は、各状態を総合的に管理できる出荷制御システムを採用した。

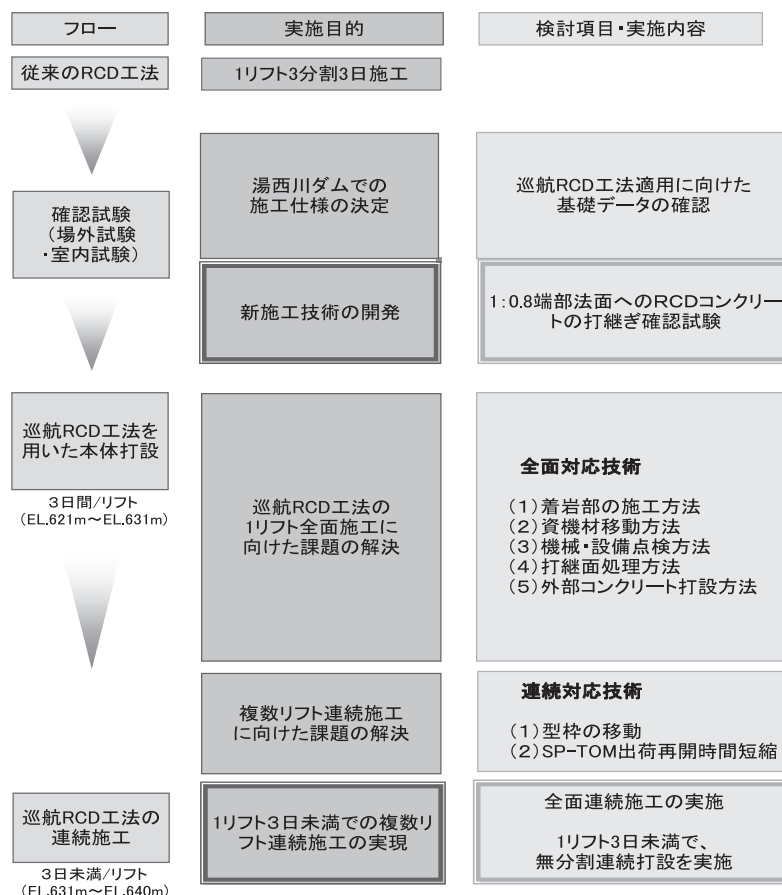
施工設備の「施工設備配置計画図」を図—1に示す。

4. 巡航 RCD 工法適用の検討フロー

1 リフト 3 日未満の施工サイクルを連続的に続けられる「巡航 RCD 工法」の適用に当たっては、試験施工をするとともに、図—2のフローにより検討を行った。



図—1 施工設備配置計画図



図一 2 「巡航 RCD 工法」適用までの検討フロー

5. 試験施工

巡航 RCD 工法の本施工への適用に先立ち、(財)ダム技術センターで編集された「巡航 RCD 工法施工技術資料」¹⁾(以下「技術資料」と表記)に基づいて基礎データの確認試験を行うとともに、新たな開発技術の試験施工を行った。

(1) 確認試験

「技術資料」に基づき表一 1 に示す確認試験を実施した。試験結果は、嘉瀬川ダムで得られたものとおおよそ同じであった。

(2) 新技術試験 (1:0.8 端部法面 RCD 打継ぎ)

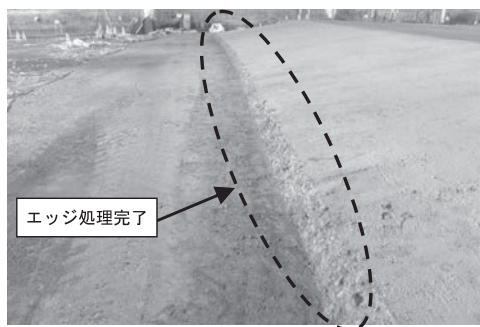
嘉瀬川ダムで実証した際、「先行 RCD 用コンクリート打止め部」に対して「後行の RCD 用コンクリート」を打ち継ぐ場合、1:4.0 以上での傾斜打止めを行っていた(写真一 2 参照)。

それに対して、外部コンクリートとの打継面に用いていた「1:0.8 の端部締固め技術」を応用した「RCD 用コンクリート同士の打継ぎ」が可能となれば、端部処理時間の短縮やエッジ処理時間の短縮、及び打設再

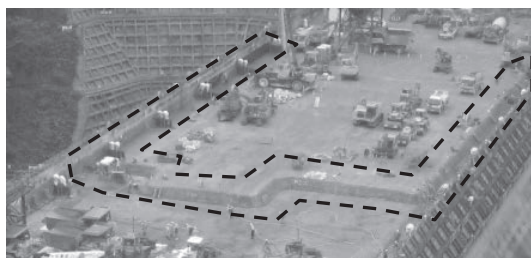
表一 1 試験施工実施項目と結果

試験項目	湯西川ダム	嘉瀬川ダム
外部コンクリートの若材齢強度と積算温度の関係把握試験	型枠移動可能	
	圧縮強度1.32N/mm ² 内部積算温度440℃・h 外部積算温度370℃・h	圧縮強度1.32N/mm ² 内部積算温度421℃・h
	アンカー引き抜き抵抗性確保	
	圧縮強度2.86N/mm ² 内部積算温度723℃・h 外部積算温度566℃・h	圧縮強度2.86N/mm ² 内部積算温度1,000℃・h
RCDコンクリートの端部法面締固め試験	締固め時間30秒	締固め時間30秒
RCDコンクリートの打継面処理(ソフトリットメント)試験	水圧:0.7MPa 水量:50~100ℓ/m ² 転圧完了後1.5~2.0時間 積算温度45~65℃・h	水圧:0.7MPa 水量:50~100ℓ/m ²
傾斜打止め部のエッジ処理試験	打設後4時間後 処理高を15cm バックホウ0.4m ³ 級	打設後24時間以内 人力又は小型バックホウ
外部コンクリートとRCDコンクリートの一体化確認試験	一体化する 打継時間:72時間以内 (それ以上でも可能)	一体化する 打継時間:72時間以内

開時処理の簡素化による打設可能時間の増加が期待できる(写真一 3 参照)事が予想された。本試験施工にて、「打継面の一体化確認試験」を実施した結果、1:0.8 端部法面に RCD 用コンクリートを打ち継ぐ場合、打継面にモルタルを塗布すれば、一体化することが確



写真—2 傾斜打止め（1：4.0）とエッジ処理状況



写真—3 1：0.8 端部法面の打継ぎ全景



写真—4 1：0.8 端部法面締固め状況



写真—5 1：0.8 端部法面打継ぎ施工状況（ブル転）

認でき新技术が確立された。

なお、1：0.8 端部法面の締固めは専用の締固め機械を導入して実施した（写真—4 参照）。品質上の留意点は、打継面にモルタルを塗布することと、新たに打設するRCD用コンクリートの法尻部をブルドーザによる転圧を確実に行うことである（写真—5 参照）。

6. 施工実績

（1）巡航 RCD 工法の適用範囲

「巡航 RCD 工法」は、ダム堤体内に比較的構造物が少なく比較的打設面積が広い部分である EL621 m～EL640 m に適用した（図—3 参照）。「巡航 RCD 工法」の採用により、18 リフト打設（上記標高のうち EL622 m～EL623 m は従来の RCD 工法）で計画打設日数 27 日（暦日 40 日）を、実打設日数 24 日（暦日 31 日）に短縮することができた。打上り速度が向上した理由は以下のとおりである。

- ①コンクリート打設速度の向上による 1 リフト打設時間の短縮
- ②打設間の時間の短縮（1 リフト当たりのインターバル回数減と所要時間の短縮）

（2）巡航 RCD 工法の導入効果

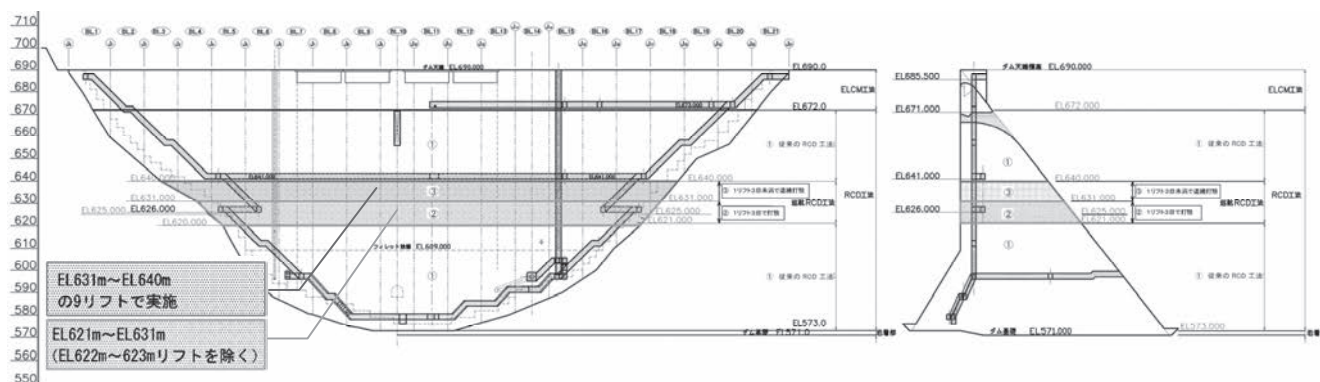
上記工程短縮に加え、以下に示す導入効果を得られた。

①品質面の向上

「従来の RCD 工法」では、止水性、耐久性を要する上下流面外部コンクリートと RCD 用コンクリートの接合部で、縫い合わせが必要であった。一方、「巡航 RCD 工法」では、前節で述べたように外部コンクリートは小規模ブロック打設となることから、縫い合わせが不要になり、施工の確実性が向上した。

②施工安全性の向上

「従来の RCD 工法」では、RCD 用コンクリートと



図—3 「巡航 RCD 工法」施工範囲

有スランプコンクリートを隣接箇所施工することから、これらの異種作業が同一箇所に混在する時間帯が発生する。これに対して「巡航 RCD 工法」では、RCD 用コンクリートと有スランプコンクリートの打設箇所が完全に分離されるため、混在作業は解消され、施工安全性が格段に向上した。

7. おわりに

湯西川ダムでは、日本で初めてリフト全面へ「巡航 RCD 工法」を適用し、堤体打設を実施した。ダムの堤体コンクリート打設に「巡航 RCD 工法」を適用した際、「施工性向上効果」は当初見込んだ「打設速度の向上」や「打止め型枠撤廃による打設時間短縮」だけでなく、「降雨時における施工性向上」、「リフトの打上り速度向上」、「品質面の向上」及び「施工における安全性の向上」も明確になった。

施工設備としては、「巡航 RCD 工法」の適用に際し、高速施工に合致した施工設備を計画的に配置しており、必要なコンクリート打設能力を十分確保できたと考える。

「巡航 RCD 工法」は、重力式コンクリートダムの合理化施工である RCD 工法の数少ない弱点を補い、工程、品質、安全確保に大きく貢献できる工法であり、

さらなる改善を行うことで、今後の国産技術の海外進出に大きく貢献できる技術であると考えられる。

JCM A

《参考文献》

- 1) 財団法人ダム技術センター；巡航 RCD 工法施工技術資料（平成 23 年 3 月）
- 2) 財団法人ダム技術センター；改訂版巡航 RCD 工法施工技術資料（平成 24 年 2 月）

【筆者紹介】



大内 斉（おouchi ひとし）
鹿島建設㈱
関東支店 土木部 技術グループ
担当部長



岡山 誠（おかやま まこと）
鹿島建設㈱
土木管理本部 土木工務部 ダムグループ
課長



戸澤 清浩（とぎわ きよひろ）
鹿島建設㈱
機械部 技術 1 グループ
課長代理

平成 24 年度版 建設機械等損料表 発売中

■内 容

- ・国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に基づいて編集
- ・機械経費・機械損料に関係する通達類を掲載
- ・損料積算例や損料表の構成等をわかりやすく解説
- ・各機械の燃料（電力）消費量を掲載
- ・主な機械の概要と特徴を写真・図入りで解説
- ・主な機械には「日本建設機械要覧（当協会発行）」の関連ページを掲載

■ B5 判 約 680 ページ

■ 一般価格

7,700 円（本体 7,334 円）

■ 会員価格（官公庁・学校関係含）

6,600 円（本体 6,286 円）

■ 送料（単価） 600 円（但し沖縄県を除く日本国内）

注 1）複数冊発注の場合は送料単価を減額します。

注 2）沖縄県の方は一般社団法人沖縄県建設協会

（電話：098-879-2097）にお申し込み下さい。

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>

嘉瀬川ダム副ダム建設工事における DKS-Ⅱミキサの採用

今 北 啓 介

嘉瀬川ダム副ダムは、嘉瀬川ダム4 km 上流の嘉瀬川ダムの貯水池内に建設された台形 CSG ダムであり、ダム本体の施工に CSG 工法が適用された。

本ダムの CSG 工法施工にあたっては、CSG の製造には「DKS-Ⅱミキサ」を適用した CSG 製造設備を設置した。また、CSG 転圧においては通常の振動ローラでは施工困難な CSG 端部の締固めに「法肩締固め機」を適用し、一般部の転圧には振動ローラに「転圧管理システム」を搭載することで台形 CSG ダムの施工の合理化に大きく寄与した。

キーワード：ダム、副ダム、嘉瀬川、台形 CSG ダム、CSG 工法、混合、法肩、締固め

1. はじめに

嘉瀬川ダム副ダムは、佐賀県を北から南に流下し有明海に注ぐ嘉瀬川（一級河川）に建設された嘉瀬川ダム貯水池の上流部に位置する。ダムの目的は、一般的な貯砂機能のほかに、景観の創出、親水性の向上、湖面を利用した活動の推進、さらに、嘉瀬川ダムの水位低下による荒廃地防止と貯水池内の水質保全である。

本ダムは台形 CSG ダムとして計画され、CSG 工法によるダム本体の施工が行われた。台形 CSG ダムは、堤体の断面が台形形状で、堤体の施工を CSG 工法によって行うことにより、「設計の合理化」「材料の合理化」「施工の合理化」を同時に達成する新しい形式のダムである。

CSG とは、現場周辺で手近に得られる材料（現地発生土など）を分級や粒度調整を行わず、必要に応じてオーバーサイズの除去や破碎を行う程度とし、それにセメントと水を添加し、簡易な施設を用いて連続的に混合したものである。

本ダム施工における特徴は、CSG 製造設備として「DKS-Ⅱミキサ」を採用したこと、CSG 端部の転圧に「法肩締固め機」、振動ローラに「転圧管理システム」を採用したことである。

2. 施工実績

嘉瀬川ダム副ダムの堤体断面図を図-1 に示す。堤体の形状は、天端幅 8.0 m、上下流面勾配 1 : 0.8 の

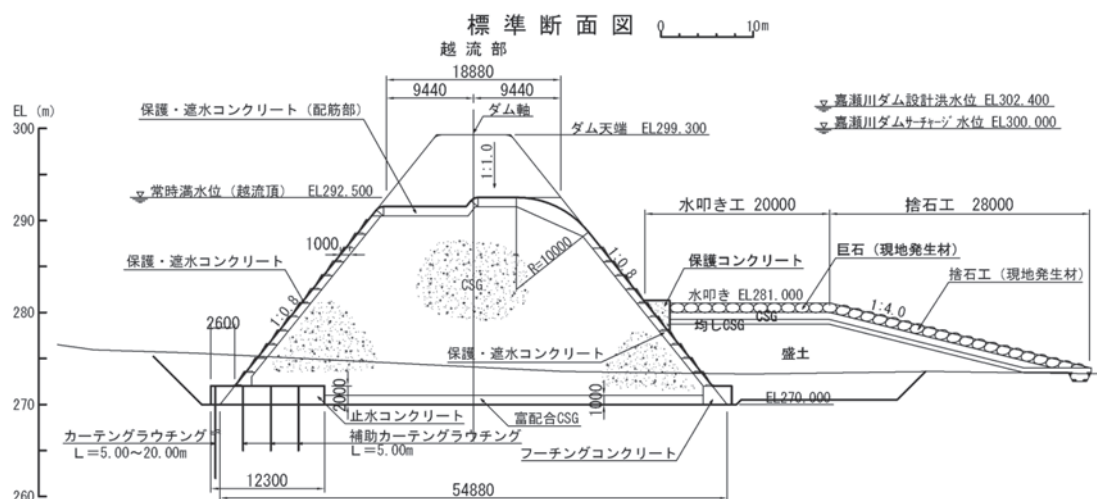


図-1 堤体断面図

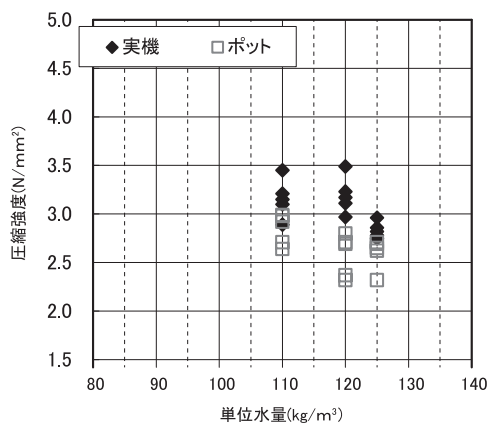
表—1 ダム諸元

ダム形式	台形 CSG ダム
堤高	29.3 m
堤頂長	115.5 m
堤体積	65,300 m ³
うち CSG	51,700 m ³
うちコンクリート	13,600 m ³

台形形状である。そのほかダムの緒元は表—1 のとおりである。

(1) 確認試験

DKS-II ミキサを採用するにあたって、混合装置の性能確認を行った。その結果を図—2 に示す。

図—2 混合装置の性能確認 (C=100 kg/m³, σ 28)

(2) CSG 材の製造

CSG 材の製造方法は、嘉瀬川ダム原石山の廃棄岩(母材)を、廃棄岩置場にて移動式破碎機を使用して 80 mm 以下に破碎した。

(3) CSG の製造・施工

CSG の製造と施工は、以下の手順で行われた。写真—1～4 に CSG の製造から堤体までの運搬状況を示す。また、図—3 に CSG 工法の施工フローを示す。

- ① CSG 製造設備の CSG 材ストックヤードから 4.1 m³ トラクターショベルを使用して CSG 材を投入ホッパに投入する。
- ② DKS-II ミキサを使用して、CSG 材と水、セメントを混合して CSG を製造する。
- ③ 製造した CSG をベルトコンベヤで積込ホッパ (4.5 m³ × 4 室) へ輸送する。
- ④ 積込ホッパより 10t ダンプトラック荷台へ放出する。
- ⑤ 堤体まで 10t ダンプトラックにて運搬する。
- ⑥ 堤体まで運搬した CSG は、ブルドーザ (16t 級湿



写真—1 CSG 材ホッパ投入



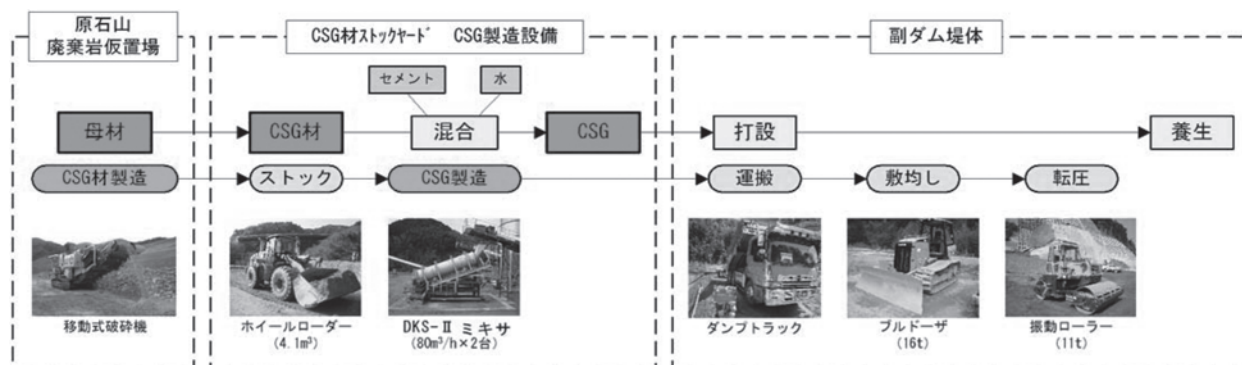
写真—2 DKS-II ミキサによる混合



写真—3 積込ホッパからの積み込み状況



写真—4 堤体への運搬、敷均し施工状況



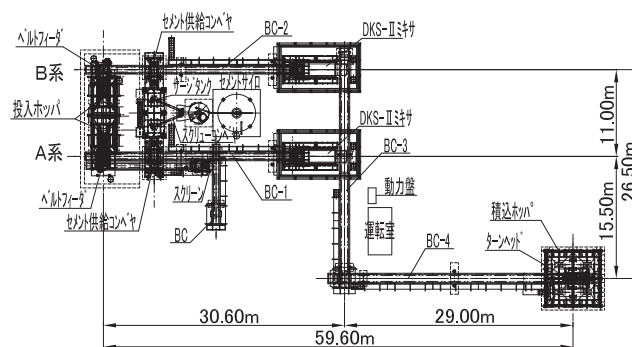
図ー3 CSG工法の施工フロー

- 地式)にて25 cm × 3層(75 cm)に敷均す。
- ⑦敷均しの後、振動ローラ(11 t級)にて転圧を行う。
 - ⑧2.5 t級振動ローラにて仕上げ転圧を行う。
 - ⑨岩着部(左・右岸アバット部)においては、25 cm 毎に1 tローラ、タンピングランマにて転圧を行う。

3. DKS-II ミキサ (CSG 製造設備)

DKS-II ミキサは、鋼製ドラムの内側に攪拌羽根を取り付け、所要の回転数と角度を持たせることにより、連続的にCSGを混合する装置である。材料供給装置及び材料運搬装置を組み合わせることにより計量～混合～出荷までの製造工程を自動制御する。

写真ー5にDKS-II ミキサ外観、図ー4にCSG製造設備平面図、写真ー6にCSG製造設備全景を示す。



図ー4 CSG製造設備平面図

(1) 混合方式

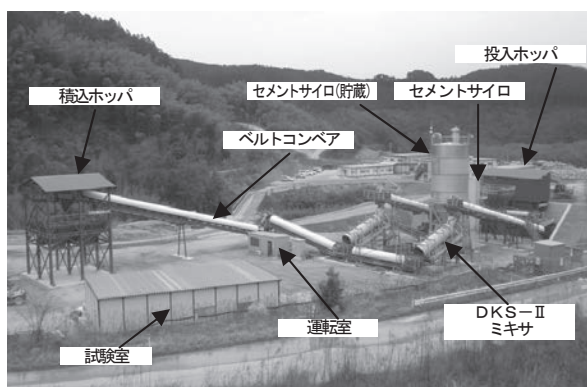
DKS-II ミキサは、動力利用型に分類される。ミキサは鋼製で円筒形(内径1.5 m、長さ6 m)をしており、ドラム内部に計21枚(3箇所×7段)の羽根が設置されている。ミキサを角度20度で設置し、17回転/分の回転を与えることによって、CSGを連続して混合し、バッチミキサと同等の品質で効率よく製造することができる。

(2) 製造能力

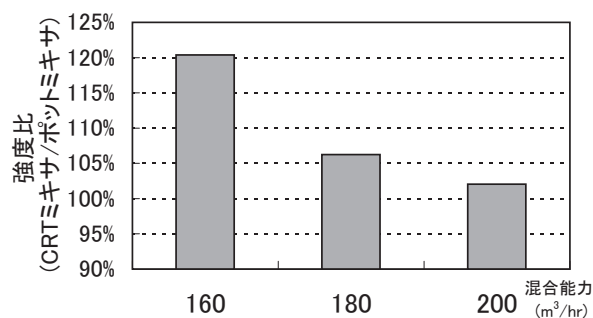
製造能力は開発当時80 m³/hであったが、本工事において、大容量化を目標とした供給設備、排出設備のシステム見直しを行い、混合性能の確認試験を実施したところ、200 m³/hまでのCSG製造が可能であるこ



写真ー5 DKS-II ミキサ外観



写真ー6 CSG製造設備全景



図ー5 性能確認結果

とが確認できた。図—5 に性能確認結果を示す。

DKS-II ミキサは最大骨材寸法 150 mm で超硬練りの RCD コンクリートの製造にも対応でき、混合性能が高い。

(3) 計量方法

CSG 製造設備における混合前の各材料の計量方法は以下の通りである。

① CSG 材

CSG 材供給コンベヤの計量器（ベルトスケール：BW-600 max575 t/h）により計量する。

②セメント

セメントは、計量器（ベルトスケール：BW-450）での計量値をもとに、ロータリーバルブにより供給量を自動調整する。制御盤上でのタッチパネルで設定や変更が可能である。

③単位水量

CSG 材の表面水率を事前に測定し、単位水量から表面水率を差し引いた水量を制御盤に入力する。設定された必要水量を流量計からの信号をもとに、電動バルブで自動調整して供給する。

(4) 混合手順

①投入

CSG 材ストックヤードにおいて、ホイールローダ（4.1 m³ 級）により、CSG 材を CSG 製造設備の投入ホッパに投入する。

②計量・運搬

投入ホッパからベルトフィーダにより CSG 材供給コンベア上に CSG 材を供給する。

セメントはインバータ制御のロータリーフィーダにより供給量を制御した後、ベルトスケールにより計量を行い、CSG 材供給コンベア上で添加する。

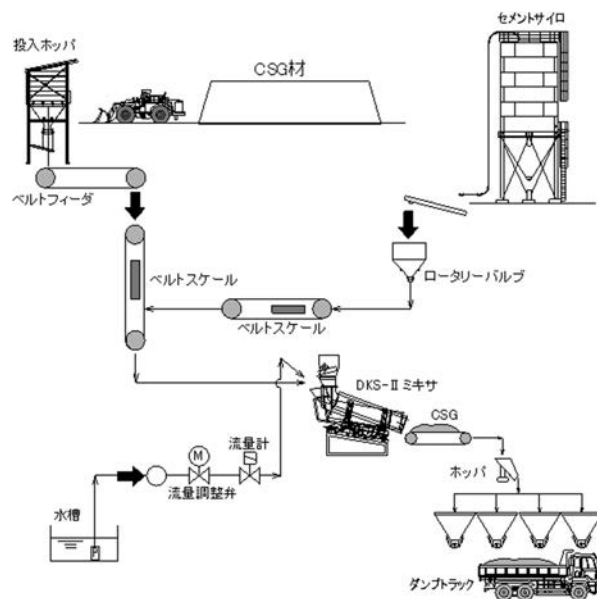
③混合

CSG 材供給コンベヤで運ばれた CSG 材とセメントを DKS-II ミキサへ投入し、水を所定量加えながら混合する。

④排出・積み出し

混合が完了し、DKS-II ミキサの下部から排出された CSG をベルトコンベヤにより積込ホッパまで運搬し、下部のダンプトラックに積み込み、目的地まで運搬する。

図—6 に CSG 製造フローを示す。



図—6 CSG 製造フロー

4. CSG 製造設備の組立・解体、運転

CSG 製造設備の組立解体、運転に関する特徴について以下に示す。

(1) 設置に必要な面積

設備の設置面積としては、約 1,200 m² 程度であるが、設備組立に必要な面積は、約 1,000 m² であった。特に組立ヤードを確保しなければならなかった作業は、ベルトコンベヤ地組み、積込ホッパの屋根の地組み、セメントサイロ組立等であった。

(2) 所要日数

設備の組立解体に要した日数は以下のとおりである。

表—2 組立・解体所要日数

工程	期間	実動
組立	平成 20 年 11 月 17 日 ～平成 20 年 12 月 25 日	33 日間
解体	平成 22 年 7 月 30 日 ～平成 22 年 8 月 12 日	12 日間

(3) 荷役・クレーン等

設備の資材搬入量は、10 t トラック 28 台であった。荷役・組立クレーンとしては、50 t ラフタークレーンを 2 台／日使用した（組立部材が長尺なため作業半径の確保が必要であった）。その他の機械として、高所作業車 2 台／日を使用した。

組立部材の最大重量としては、DKS-II ミキサ（架台 1 体品）が約 12 t であった。



写真一 7 設備の組立状況

写真一 7 に設備の組立状況を示す。

(4) メンテナンス

CSG 製造後の終業清掃には、約 1.5 時間程度を要した。おもな清掃箇所は、ミキサ内部に付着した CSG の研りとガラへの搬出、また、ベルトコンベヤのリターンローラに付着した CSG の除去（水洗等）であった。

設備の点検と調整は CSG 製造の休止日に行った。作業内容は、各ベルトコンベヤのプーリ軸部とモータギヤスプロケット部の給脂のほか、テンションローラ、スナップローラでのベルトテンション調整（蛇行修正）であった。

(5) 施工中の改良点

施工中の設備の改造点は、以下のとおりである。

- ① CSG 材引出フィーダの開口部およびスカートの嵩上げ
- ② セメントサージタンクの雨除け枠の追加装備
- ③ DKS-Ⅱ ミキサ投入口の水配管の増設
- ④ DKS-Ⅱ ミキサの羽根形状の変更
- ⑤ DKS-Ⅱ ミキサ出口から BC-3 への落とし口の変更
- ⑥ 積込ホッパターンシュート嵩上げとシュート口の形状の変更
- ⑦ 積込ホッパ落とし口のカットゲートの形状変更

5. 法肩締固め機

法肩締固め機械は、台形 CSG ダム堤体の施工において転圧用の振動ローラ（11 t 級）が近寄ることができない CSG 端部の締固めに適用（開発）した機械である。

(1) ベースマシン

ベースマシンは、0.5 m³ 級の油圧ショベル（バック



写真一 8 法肩締固め機施工状況

ホウ）を採用した。なお、起振装置、転圧板を含めた機械の運転質量は 13,600 kg である。

(2) 起振装置

起振装置は、RCD 工法で採用されている「振動目地切り機械」のものを転用した。装置の諸元は以下の通りである。

表一 3 起振装置諸元

型式	HP931-C
起振力	160 kN
振動数	46.6 Hz
振幅	3.0 ～ 4.0 mm

(3) 転圧板

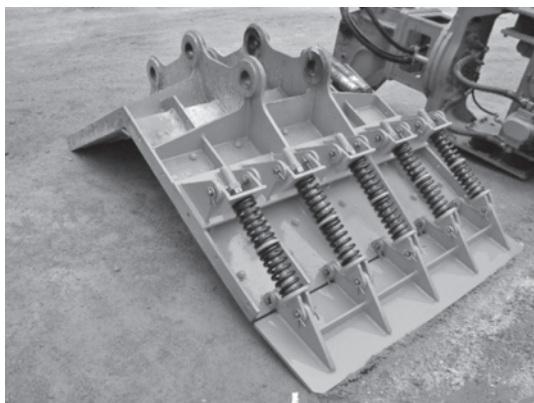
転圧板は、CSG 端部の法形状に合致するように製作した。仕様は以下の通りである。また、堤体のリフト高さ違い（標準 H = 750 mm、一部 H = 500 mm）に対応するため、同形状にて別途作成した。

表一 4 転圧板仕様（H = 750 mm 用）

材質	鋼製
板全幅	1,200 mm
平面部面積	1.08 m ²
法面部面積	1.08 m ²
整形角度	129 度

本工事における転圧板の特徴を列記する。いずれも試験施工中に課題を抽出し、解決策として取り入れた改良点でもある。

- ① 転圧の载荷方向を切り替えられるピンブラケット
- ② 法尻形状に合わせた可動板の装備
- ③ 転圧中に CSG 中より発生する空気抜き穴の配置
- ④ 転圧板滑り防止の鉄筋棒の装備
- ⑤ 法肩部の隅取り用板の装備



写真一 9 転圧板



写真一 10 転圧管理システム

6. 転圧管理システム

転圧管理システムは、RTK 方式の GPS を搭載した振動ローラの堤体に対する位置情報を座標データでコンピュータに蓄積し、専用ソフトを使用して図示化することで、振動ローラの運転手に転圧箇所のガイダンスを行い、所定の転圧回数を確保することを目的に採用したものである。最近では「情報化施工」として一般化されているものとシステム構成は同様である。

同システムの適用時における課題は、GPS の測位データの取得に不安定な地形的環境であったこと、ローラに搭載した制御システムが転圧時の振動により不具合が生じたことである。なお、当課題は施工中において解決済みである。

7. おわりに

今回の工事は、新しく開発された技術「台形 CSG ダムの施工」ということで、施工中は種々の試行錯誤が存在したが、長年培ってきた関連技術を応用することで対応が可能であった。特に CSG 製造の DKS-II ミキサについては3件の前例（試験施工等）を踏まえていることで安定かつ高品質の CSG 製造に大きく貢献した。

本稿執筆に際し、関係各位に謝意を示すとともに、今件技術が今後の同様工事の一役になることを望む。

J C M A

【筆者紹介】

今北 啓介（いまきた けいすけ）
西松建設㈱
関西支店 周参見トンネル出張所
副所長



ICT 活用技術（台形 CSG ダム）

億首ダム本体建設工事

大 西 仁 志

新しいダム形式である台形 CSG ダムの施工において、高速施工の CSG 打設の品質を確保するためには CSG の製造から打設までの正確な時間管理や迅速な情報収集及び発注者、施工者のリアルタイムな情報管理が不可欠である。そのため材料採取・製造・打設等における管理手法として ICT 技術を活用した。本稿では、沖縄総合事務局発注の億首ダム本体建設工事で活用した ICT 技術について報告する。

キーワード：台形 CSG ダム，ICT，トレースシステム，GPS，4D-DIS（施工データ統合 DB）

1. はじめに

億首ダムは、沖縄東部河川総合開発事業の一環として、沖縄県企業局が管理する水道専用の金武ダムを再開発し、洪水調節・既得用水や河川維持用水の安定化・水道用水及びかんがい用水の供給を目的とした堤高 39.0 m、堤頂長 461.5 m、堤体積 339,000 m³ の台形 CSG ダムである。転流工は堤内水路方式で、非常用洪水吐きにはラビリンス式越流頂を採用している。

平成 21 年 3 月から本体工事に着手、CSG の打設は、平成 22 年 11 月 11 日に開始し、平成 23 年 7 月 7 日までの約 7.7 ヶ月で 210,000 m³ の打設を完了している。現在は平成 24 年 9 月より試験湛水を行っている。

2. 工事概要

(1) ダム諸元

ダムの標準断面図を図一1、ダム諸元を表一1に示す。

表一1 ダム諸元

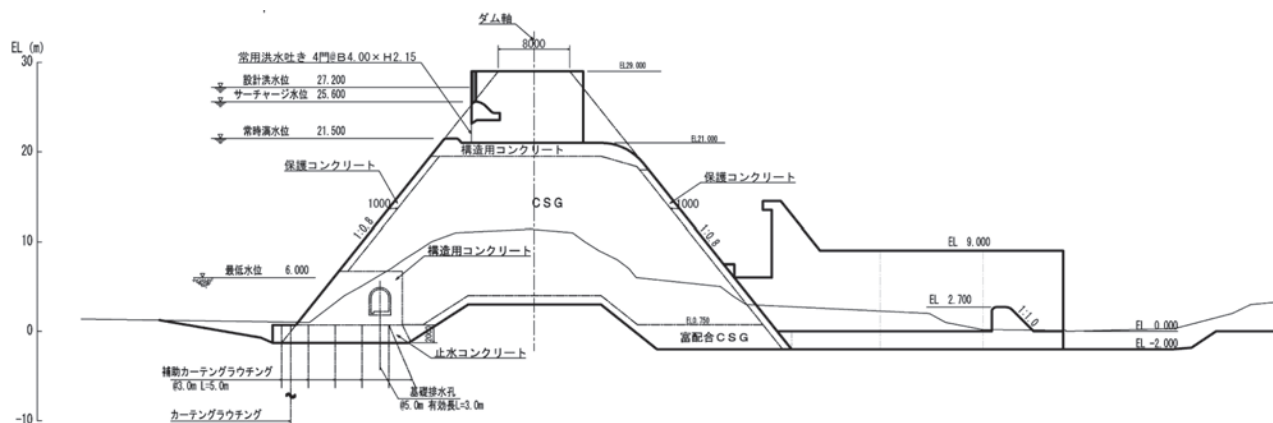
ダム型式	台形 CSG ダム
堤高	39.0 m
堤頂長	461.5 m
堤体積	339,000 m ³
集水面積	14.6 km ²
湛水面積	0.61 km ²
総貯水容量	8,560,000 m ³
有効貯水容量	7,860,000 m ³

(2) 施工設備

(a) CSG 材の製造・貯蔵設備

母材山から先行採取した母材は風化の度合いにより I 材（CM～CL）、II 材（CLH）、II 材に分別して仮置きした。I 材と II 材それぞれに管理する粒度範囲が設定されていることから、CSG 材の製造設備には一次破碎設備（ジョークラッシャ）と二次破碎設備（コンクラッシャ）を設置した。

製造した CSG 材は、一次、二次ストックヤードに



図一1 堤体標準断面図

貯蔵した。一次ストックヤードは約 15,000 m³ (日最大打設量4日分), 二次ストックヤードは約 7,500 m³ (日最大打設量2日分) のスペースを確保した。

(b) CSG の製造設備

CSG の混合装置はバッチ式ジクロスミキサを採用した。日最大打設量 3,727 m³ (昼夜交代) に対し製造能力に余裕を持たせ, 200 m³/h の能力を有する設備を2基設置し, 400 m³/h の能力を確保した。

(c) CSG の打設設備

CSG の運搬は, 下流に設けた進入路を利用して, ダンプトラック (29tアーティキュレイト, 10tダンプトラック) で直送した。

ダンプトラックにより搬入された CSG は, 16t級ブルドーザーにより1層25cmで3層敷き均し, 11t級振動ローラを使用して, 無振動2回, 有振動6回転圧した。

転圧完了後は2.5t振動ローラで仕上げ転圧を2回行った。

3. ICT 総合管理システムを導入した CSG ダム施工

(1) 億首ダムの ICT システムの概要

億首ダムでは, ①母材の運搬・ストック, ②CSG

の敷均し・締固め, ③締固め完了時間の管理に ICT を活用し, 施工情報の処理の一元化を行い, そのデータを発注者と施工者で共有するシステムを用いて施工管理を行った。

ICT による施工管理に先立ち, 情報収集ネットワークを構築した。図-2にネットワーク全体図を示す。

主な情報伝送方法として以下の方式を採用した。

- ①堤体施工エリア：無線 LAN (メッシュネット) および5箇所のアクセスポイントで情報を伝送
 - ②堤体施工エリアと現場試験室間：光ファイバーを敷設して情報を伝送
 - ③現場試験室と発注者事務所：発注者の既設光ファイバーで情報を伝送
 - ④発注者事務所とJV事務所：発注者の既設光ファイバー, NTT (ADSL) 回線で情報を伝送
- 以下のデータを収集して発注者と共有した。
- ・CSG 締固め開始・完了時間のデータ (トレーサビリティの管理)
 - ・振動ローラ転圧位置・回数 of データ (転圧回数の管理)
 - ・端部法面締固め時間のデータ (締固め時間の管理)
 - ・CSG 材料敷均し厚さのデータ
 - ・打設日報などの書類データ



図-2 ネットワーク全体図

(2) IC タグを利用した母材の運搬・ストックの管理
母材の採取、運搬、仮置きに IC タグ (図-3) を利用することで、人為的ミスの防止や区分仮置きの確実化、数量の把握を行った。

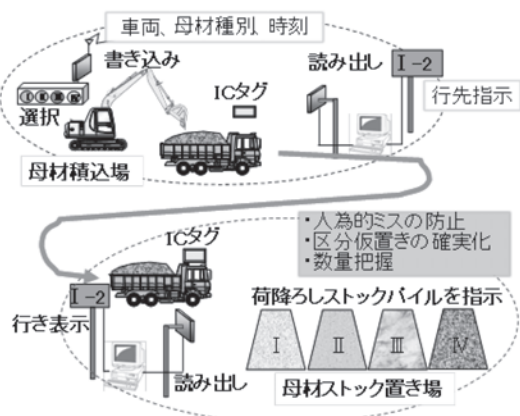


図-3 IC タグと母材の運搬・ストック管理

このシステムは、バックホウのオペレータが各ダンプトラックに母材を積み込む際に、その種類に応じた選択スイッチを押す事で、ダンプトラックに搭載された IC タグに母材種別の書き込みが行われる。ダンプトラックは積み込み場所を出る時に IC タグの情報を读取って、表示板に行先を表示し、運転手はこの表示を見て、搬送先（ストックヤード）まで母材を運搬する。搬送先に到着すると、入口でダンプトラックに搭載した IC タグの情報を读取り、母材の種類に応じた荷降ろし場所（ストックパイル）が表示板に表示される。

(3) 情報化施工による母材採取管理

調査ボーリングと地質データから母材と廃棄岩の境界を示した 3 次元地質モデルを作成し、これに現地測量データによる修正を加え、母材採取可能量の確認を行った (図-4)。

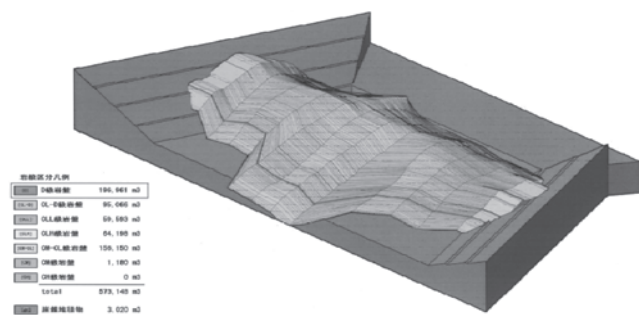


図-4 3次元地質モデルによる地質別賦存量の把握

(4) 締固め完了時間の管理 (CSG トレースシステム)

CSG 製造から搬送、敷均し、振動ローラ等による転圧開始時間 (CSG 製造からの制限時間 6 時間) お

よび転圧完了時間までを一環して管理するシステムとした。図-5 に CSG 材料トレースシステムを示す。

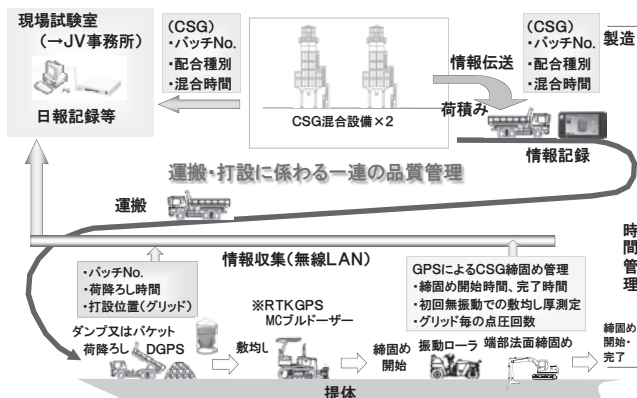


図-5 CSG 材料トレースシステム

① CSG 混合装置 (プラント) での CSG 製造情報車両伝送

② 車両打設位置計測値と CSG 情報

③ CSG 締固め開始・完了時間

これらのデータは監視室へ伝送して一括管理した。

これにより施工場所 (打設番・締固め機械のオペレータ)、現場試験室、プラント、発注者事務所及び JV 事務所で CSG トレースの状況をリアルタイムに監視でき (図-6)、収集したデータは蓄積・保存され、施工状況の再生・確認、帳票編集などの機能により、過去に遡って施工状況を確認できるようにした。

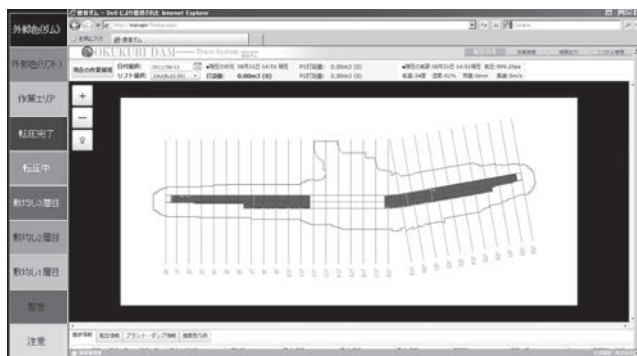


図-6 CSG 材料トレース リアルタイム画面 (発注者と情報共有)

(5) 転圧回数の管理

転圧回数の管理は、GPS や無線 LAN、車載パソコンを振動ローラ (写真-1) に搭載し、施工範囲のどの場所を何回転圧したかをあらかじめ決められたメッシュ単位でカウント・記録するシステムで行い、発注者事務所・JV 事務所にてリアルタイムに情報共有を行った。

メッシュ毎の転圧回数は運転席のモニター (図-7) に色別表示されるため、オペレータはこの情報に基づいて全メッシュが規定回数に達するまで転圧を行う。



写真-1 振動ローラ

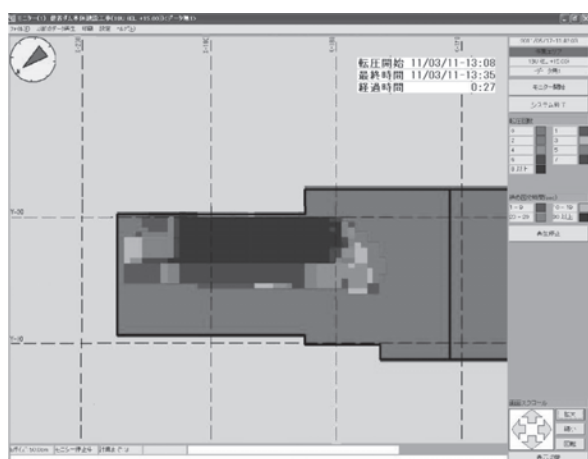


図-7 転圧表示情報共有画面

なお、振動ローラが複数台であっても各メッシュには累積転圧回数が示されるため、無駄のない施工が実施できた。

(6) 端部法面締固め時間の管理

端部法面部は起振器を装置した専用機械(写真-2)により締固めを行った。端部法面部は、振動ローラによる転圧とは異なり、締固め位置と締固め時間による管理のため、任意の位置に対して締固め累積時間が所定の秒数(30秒)になるまで締固めを行った。



写真-2 端部法面締固め実施状況

端部法面の締固めにおいて、一ヶ所を連続的に締固めると端部法面部に段差等が生じる恐れがあるため、転圧場所を移動させながら繰り返し締固めを行う方法をとった。そのため各位置の締固め累積時間が所定の時間(30秒等)になった事が分かるような表示を行った。オペレータはこの表示と起振器の位置誘導画面(図-8)を見ながら締固め作業を行った。

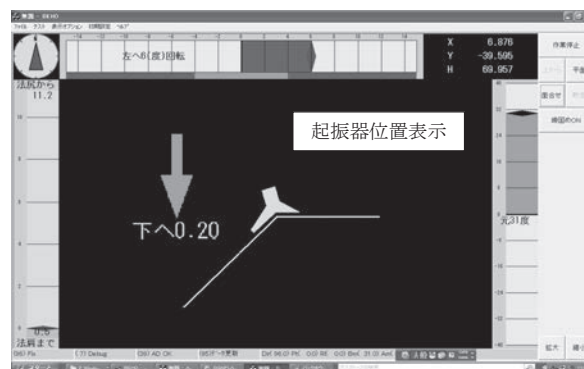


図-8 端部法面締固め画面

これらの情報も蓄積・保存され、過去に遡って連続再生ができ、トレーサビリティが確保され、発注者事務所・JV事務所の双方で活用された。

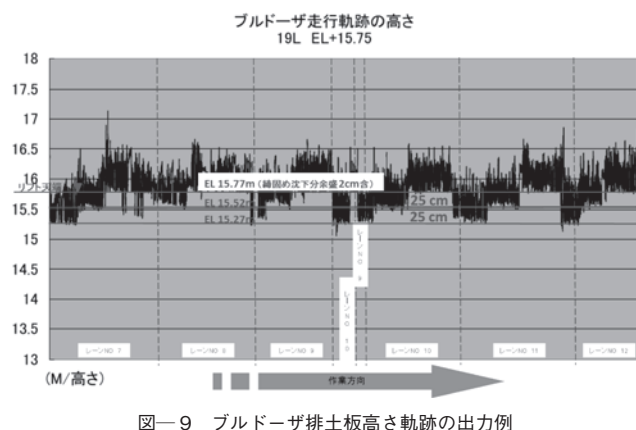
(7) CSG材料敷均し厚さ管理

当初、敷均し厚さの管理は回転レーザーレベルによる方法を予定していたが、施工性の向上及び走行軌跡の記録が可能なように、マシンコントロール機能を搭載したブルドーザ(以下、MCブルドーザ)による施工方法を採用する事とした。

MCブルドーザはGPSを利用しブルドーザの排土板を自動制御することで、設計高さの敷均しを可能にするものである(写真-3)。図-9は、敷均し作業時のMCブルドーザの排土板最下部の高さ軌跡を時系列に出力したものであり、施工レーンの一層毎に約



写真-3 MCブルドーザ



図一9 ブルドーザ排土板高さ軌跡の出力例

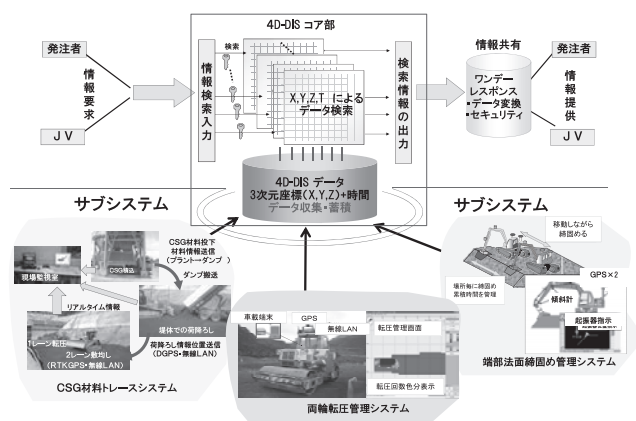
25 cm で敷均されていることを示したものである。

施工時の GPS データは内部メモリーに記憶されるため、施工後にその情報を電子データとして利用することが可能となった。

(8) 施工データ統合 DB の開発

ICT 総合管理システムでは 4D-DIS (4 DIMENSIONS-DAM INFORMATION SERVICE) と呼ぶデータベースを中心に、GPS を搭載したブルドーザや振動ローラ、バックホウ、ダンプなどの建設機械により 3 次元位置や時間情報を把握し、施工データをエレメント（一辺 500 mm の立方体など）単位で 4 次元 (X, Y, Z, T) 管理することで、施工の効率化と品質保証を可能としている。

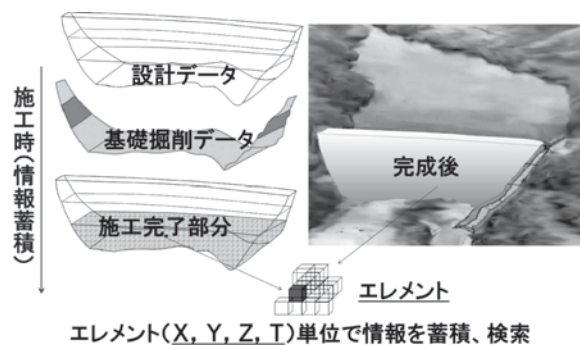
本システムは、図一 10 に示すように 4D-DIS コア部（データベース）を中心に転圧管理システムや CSG 材料トレースシステムなどの各サブシステムで構成される。



※その他の対象と考えられるサブシステム: 気象、グラウト、濁水処理、マンガイダンス、図面管理など

図一 10 システム全体概要

4D-DIS コア部にはリレーショナルデータベースマネジメントシステム (RDBMS: MySQL) を採用した。本コア部の特徴は、蓄積データを座標と時間 (X, Y, Z, T) の 4 次元で管理する点にあり、図一 11 に示すように構造物の中を一定の領域 (エレメント単位) で扱うようになっている。



図一 11 データ管理の考え方

4. おわりに

億首ダムは本体 CSG 打設期間が 7.7 ヶ月の高速施工であったが、ICT 総合管理システムの導入により、効率的な施工ができ、またトレーサビリティによる品質保証や発注者との情報の共有に活用できた。

今後も ICT システムの推進により現場の施工管理の合理化と品質向上を進めていく所存である。

謝 辞

最後に、このシステムの適用にご協力頂いた内閣府沖縄総合事務局北部ダム事務所に対し、感謝の意を表します。

J C M A

[筆者紹介]

大西 仁志 (おにし ひとし)
大成建設㈱
九州支店 億首ダム本体建設工事作業所
担当所長



総合的なコンクリート工事・品質管理システム センサ搭載型枠

野口 貴文・北垣 亮馬・西島 茂行

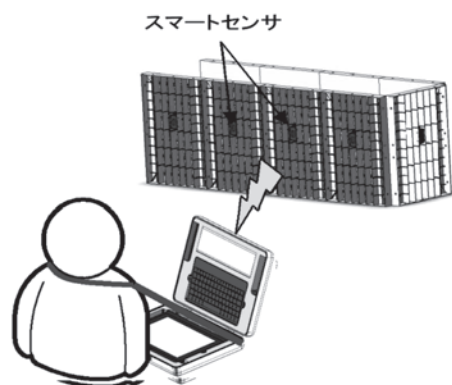
コンクリートの型枠存置期間中の管理は、工期短縮と長期耐久性能に大きく関わるため、近年、ますます高いレベルの品質管理が要求されている。筆者らは、型枠の存置状況、使用回数、コンクリート表面の温度履歴といった情報を、搭載された無線ネットワークシステムを通じて収集し、さらに組込みソフトウェアを使って養生中のコンクリート表面強度推定、可視化など品質管理を行うことのできる総合的なコンクリート品質管理システム（センサ搭載型枠）を開発した。現在、ダム・コンクリート工事現場ほか、さまざまな実現場に導入され始めており、その技術、利用方法、事例をわかりやすく紹介する。

キーワード：品質管理、小型集積回路、静電容量センサ、表面強度推定、コンパネとの比較、無線ネットワーク

1. はじめに

コンクリートの型枠存置期間は、工期短縮と構造物の品質確保に大きく関わるため、近年、ますます高いレベルの品質管理が要求されている。筆者らは、市場において成熟した既製の小型センサやチップと独自開発の専用センサをうまく組み合わせ、センサ付き小型集積回路を作製した上で、これを樹脂型枠あるいは鋼製型枠に設置することで、作業員に作業負荷をかけることなく、型枠の存置状況、使用回数、コンクリート表面の温度履歴などの情報を、無線ネットワークを通じて収集し、組込みソフトウェアを使って養生中のコンクリート表面強度推定、可視化などを通じて品質管理を行うことのできる総合的なコンクリート品質管理システムセンサ搭載型枠を開発した。

電子情報を利用してコンクリートの品質管理を行う手法としてはRFIDを埋込むなどの事例¹⁾があるが、センサ搭載型枠は、コンクリートにICタグなどの小型チップを混入するのではなく、樹脂型枠に、マイコンモジュールを組み込み、このマイコン上に様々な機能を有するアプリケーションをインストールしている。すなわち、スマートフォンに組み込まれたアプリのように、コンクリートが打込まれて型枠に触れると、樹脂型枠に組み込まれたアプリが起動し、打込み日時が記録され、温度測定が開始され、コンクリート表面強度推定を実施する。図—1に示すように、ハンディなリーディング・コンピュータ(スマートリーダー)は、



図—1 センサ搭載型枠のデータ収集のしくみ（無線ネットワークを通じて収集）

無線ネットワークを通じて各型枠と通信してデータを取り込むと、適切な脱型判断に対する適切な情報を与えてくれる。センサ搭載型枠は、さらなるコストダウンと高品質化が求められているコンクリート工事を効率化するための総合品質管理が可能なプラットフォームなのである。実際に、ダム・コンクリート工事への試験導入をはじめ、さまざまなコンクリート構造物への実導入が進められている。

表—1にセンサ搭載型枠の機能および仕様の概要を、表—2に合板型枠との性能の比較結果を示す。センサ搭載型枠は型枠工事時間が短縮されるなどの利点が多く、平米施工単価はトータルコストでコンパネ施工時と同等価格帯を目指すことから、樹脂型枠とセンサ搭載型枠をセットしたレンタル方式を採用している。これは、マイコン搭載多機能センサを採用した事

表—1 センサ搭載型枠の機能および仕様

機能・仕様	内容
コンクリート打込み時刻の計測・記録	コンクリートの打込まれた年月日時刻を自動判断して計測・記録
外気温度の測定・記録	型枠外側の温度を測定・記録
コンクリート表面温度の測定・記録	打込まれたコンクリートの表面温度を測定・記録
型枠存置期間の記録	型枠の存置された期間・方向を自動記録（柱、梁、壁、床ごとに存置状態を検知）
無線通信機能	データリーダー用コンピュータとの無線通信（データやコマンドの送受信） 15～20 m の通信範囲（リーダーコンピュータまたは中継ターミナルとの通信距離）
バッテリー寿命	7～10 年程度
稼動可能温度域	-10～80℃

表—2 センサ搭載型枠の性能と合板型枠との比較

項目	センサ搭載型枠	従来の合板型枠
質量（600 mm × 1800 mm）	10 kg（ハンドリングに優れる）	12 kg
光透過性	光を透過し、打ち込み位置がわかる 昼間は内部が明るく作業しやすい	なし
施工速度	○早い	—
コスト	○削減可能	—
使用 1 回あたりの CO ₂ （kg／枚）	9.62（使い回しにより相当量が削減可能）	12.62
使用回数	50～100 回（200 回以上使用実績あり）	5 回程度
構造物建設時の CO ₂	小さい	大きい
型枠の寸法安定性	使用中の変形が少ない	使用中の変形や破損が大きい
コンクリートの品質管理	強度推定プログラムにより適切な脱型時期を判断	コンクリート供試体の強度による管理
データ収集	コンクリートの打込みと同時に、温度、方向、静電容量をデータ収集	なし
リサイクル性	回収し、再生樹脂型枠にリサイクル可能	燃料として利用

で、樹脂型枠のトレーサビリティが自動管理可能となり、レンタルシステムによる提供が可能になり、ユーザーにとってのコストメリットが大幅に高くなったためである。今後の普及をめざし、さまざまなコンクリート工事現場において、ユーザビリティの検証を行なっている。

2. 有効材齢による強度推定

センサ搭載型枠では、コンクリートの表面強度推定を行うことで脱型時期の判断が自動でできるようになっている。コンクリート工事において、コンクリートの強度推定は工期と品質に大きく関わる要因となるために、センサ搭載型枠の機能のうちでもっとも高精度で有益でなければならない。強度推定にはセメントの水和反応の程度が大きく関わってくるが、化学反応であるため、反応速度には温度依存性がある。例えば、温度が上がれば反応速度が速くなるため、異なる温度域で一定期間養生したコンクリートでは、強度発現性が異なり、低い温度域で養生されたコンクリートが高い温度域で養生されたコンクリートの強度に達するためには、より長く養生しなければならない。このような考え方から、温度・時間の積と圧縮強度の関係が一

意に決まる、という基本的な考え方のもと、積算温度が強度推定や品質管理に用いられてきた。しかしながら、そもそも、化学反応における反応速度と反応温度の定量的な関係は、「アレニウス則」に基づくアレニウス・プロットにより整理することができ、この反応則が熱力学における化学ポテンシャルの考え方に一致していることから、近年では、国際的にも多くの分野において、積算温度よりもアレニウス則に基づいた整理方法の方がより一般的に用いられている。コンクリートにおける有効材齢とは、このようなアレニウスの反応則を用い、反応速度の温度依存性を材齢に組込んだものである。すなわち、コンクリート 20℃のときの反応速度を基準反応速度、活性化エネルギーを 33 [kJ/mol]²⁾ とし、絶対温度を用いることで下式のように表せる。

$$t_e = \sum_{i=1}^n \Delta t_i \exp \left[13.65 - \frac{4000}{273 + T(\Delta t_i)/T_0} \right]$$

$$f_c(t_e) = \exp \left\{ s \left[1 - \left(\frac{28}{(t_e - s_f)/t_0} \right)^{1/2} \right] \right\} f_{c28}$$

- $f_c(t_e)$: コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)
 t_e : コンクリートの有効材齢 (日)
 t_0 : 1 (日)
 T_0 : 1 (°C)
 f_{c28} : コンクリートの 28 日圧縮強度 (N/mm²)
 s : セメント種類に関わる定数
 s_f : 硬化原点のための補正項 (日)

積算温度もアレニウス則に基づいて式変形すると、反応速度の自然対数の逆数を積分したものに比例するので、圧縮強度と一意の関係をもつことは明らかであるが、アレニウス則から整理された有効材齢の方が、例えばセメント種類や混和材種類など、材料の特徴ごとに係数の値を変えるだけで、ほとんどのコンクリートにおいて、同じ式が利用できるように一般化されている。また、その係数についても、遅延・促進作用といった化学反応上の意味付けをしやすい柔軟性が高い。加えて、20°Cで養生した場合の何日に相当するかを示しているのも、感覚的に数値の意味を理解しやすい。実際に、コンクリートの力学特性に関わる研究論文でも国内外問わず広く利用され、国際コンクリート工学連盟（旧 CEB-FIP、現 fib）が、品質管理のためのコンクリートの強度推定式として採用している³⁾ほか、2002年には、土木学会・コンクリート標準示方書・構造性能照査編においても用いられるようになっている。我が国の土木構造物の建設現場での導入はまだ一般的ではないかもしれないが、国際的な趨勢を見回しても、今後、普及していくものと考えられる。

センサ搭載型枠のアプリケーションは、有効材齢および積算温度の両方の品質管理に対応であるが、多様なコンクリートに対応しやすい汎用性から、有効材齢による強度推定を標準設定にしてある。

図-2はコンクリート構造物を想定し、現場封緘養生された供試体の圧縮強度、コンクリート構造物の

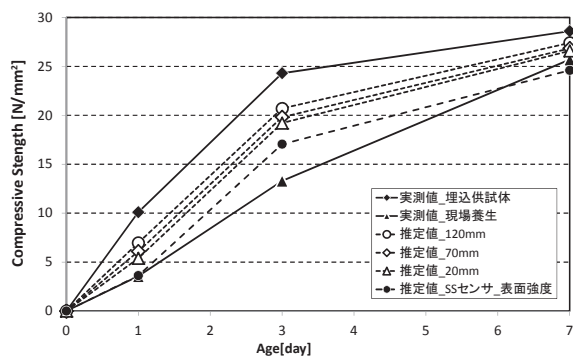
内部に埋め込んだ供試体の圧縮強度、センサ搭載型枠の温度測定によって有効材齢に基づいて求められた推定圧縮強度の比較結果である。コンクリート構造物の寸法の影響により、現場養生であっても供試体と実構造物では温度履歴が大きく異なる可能性がある。センサ搭載型枠によって測定されたコンクリート表面温度データから有効材齢により求めた推定強度は、現場養生供試体よりも、より実構造物の表面近傍のコンクリートで発現する強度に近いことがわかる。

3. 構造物全体の『面』管理

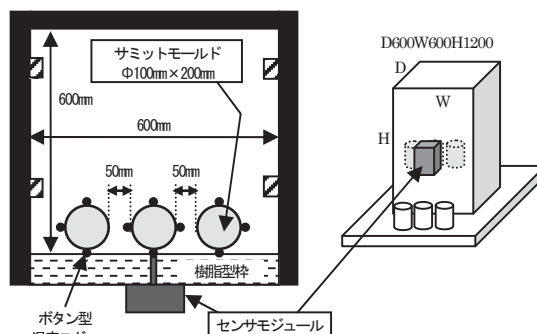
前節に示したように、センサ搭載型枠では、有効材齢に基づき、型枠一枚一枚に接したコンクリート表面の強度推定が可能である。しかし、現場ではセンサ搭載型枠が何十枚、何百枚と同時に使われることになるため、これらすべての型枠に接したコンクリートを効率的に管理する仕組みが必要である。センサ搭載型枠では、個々の型枠に搭載されたセンサと無線ネットワークシステムを用いて通信しあうことのできるセンサリーダーというタブレット型のコンピュータを用意している。ユーザーはそれを現場で持ち歩き、個々の型枠に搭載されたセンサと通信して情報を収集し、収集した温度履歴から各型枠に接したコンクリート表面の強度を推定し、予め用意した型枠割付図に各位置のコンクリート表面の推定強度をカラー分布表示するか（図-3左）、得られた表面推定強度の最大値、最小値、平均値を整理してグラフ化して表示してくれる機能を有している（図-3右）。

このような『面』の管理は、それを必要とする複数のコンクリート擁壁や橋梁工事現場への実導入やダム・コンクリート現場へ試験導入されており、検証が進められている（図-4）。

一般に、冬期工事においては、気温が極めて低い中

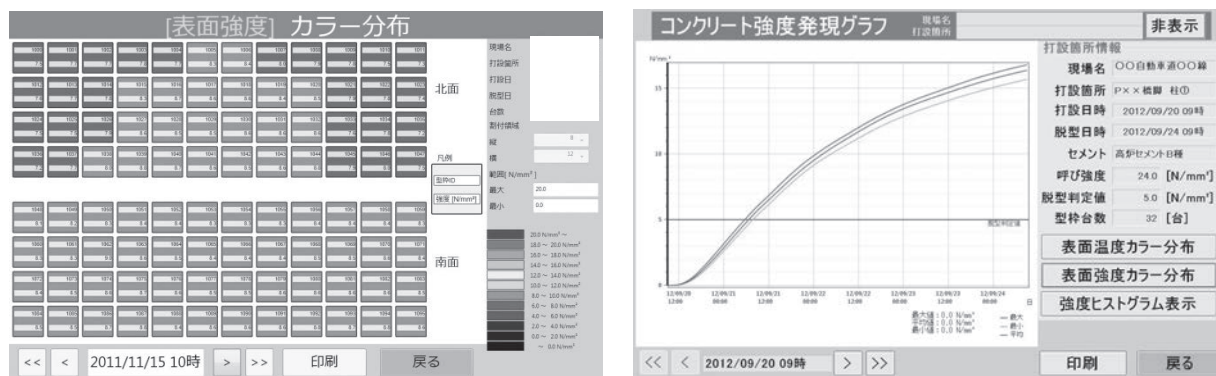


各供試体圧縮強度



実験概要

図-2 供試体とセンサ搭載型枠の表面推定強度の比較



図ー3 養生中のあるコンクリート壁の表面の推定強度分布



図ー4 ダム・コンクリート工事現場へのセンサ搭載型枠の試験導入事例

でコンクリート工事を行うことが少なくない。こうした場合には、風および日射の影響や構造物の形状によって、コンクリートの硬化に必要な温度を大きく下回る懸念のある箇所が生じるケースがある。この場合、ジェットヒーターなどの加温装置や、保温を助ける機能を有した養生シートなどを施す対策をとるが、センサ搭載型枠では、コンクリートの打込み後の周辺気温およびコンクリート表面の温度、推定強度が得られるため、可視化ソフトウェア上で、どの箇所の温度が低いのか、どのが強度が出ていないか、といったことをビジュアルに確認できる。

これまで、品質管理目的でこういった面的な温度計測をする際には、熱電対の設置に多大な労力を要することから、設置数に限りがあるのが一般的であった。その場合には、端部や日陰部など、十分な注意を払う必要があると考えられるところへの設置が計画されるべきであるが、温度そのものが周辺環境に左右されやすい性質である以上、意外な箇所で温度が低くなる、といったことが起こりうる。また、加温・保温を助ける装置や処理についても、型枠が存置され続けたり、狭い足場周りであったりするときには、期待する効果が得られているのか確認することすら難しいことも多い。その点、センサ搭載型枠を利用することで、人のアクセスが困難な箇所であっても、従来の合板型枠

工法とほぼ同等の低価格で外気温測定、コンクリート表面温度測定、表面強度推定を同時に行うことができるために、どの場所の温度が低いのか、保温処理は本当に効いているのか、すぐに確認することが出来る。

例えば、図ー3においても、北面隅部の型枠においては、周辺温度があがらないために、コンクリートの強度が発現しにくい傾向にあることがよくわかる。実際、センサ搭載型枠を導入した現場で、ジェットヒーターの導入による加温効果の検証を行うなど、品質管理の改善に向けた重要な検討も行われ始めている。

また、従来は、技術検証・研究目的で、綿密な温度分布を調べるためには、多数の熱電対の設置と配線に、相当な時間と人員を割かなければならなかった。さらに、熱電対の断線のリスク、熱電対の接続先であるデータロガーの使用温度域の制約（通常、0～50℃範囲外では測定異常がでることが多い）など、測定において不安定要素が多いことも否定出来ない。一方、センサ搭載型枠では、型枠に取り付けられたセンサを用い、無線ネットワークを通じてデータを収集するため、こうした心配がなく、またセンサそのものの使用温度域も、-10～80℃程度までと、熱電対とデータロガーの組合せよりも測定可能温度域が広いため、より安定で効率的な測定が行える。

4. 環境負荷低減

コンクリートの打込みに用いられる合板型枠は、現場で数回の繰返し使用後、最終的には焼却処分される。木材は、使用後どこかで焼却されたとしても、また別のどこかで、新たな木材が成長して炭素固定をしているはずだという観点にもとづいて、合板型枠は地球規模で見た時のCO₂収支がゼロに近くなる「カーボン・ニュートラル」な材料である、という概念が普及している。しかしながら、現状のように森林面積が地球規模で一方的に減少する状況では、木材は、実質的には、カーボン・ニュートラルな材料ではない。近年では、この考えを修正し、地球規模のCO₂収支を検討した上で木材のCO₂排出量が計算されなければならない、という議論がなされ始めているが、建設業界においては、まだまだ、「木材を使えばCO₂排出量を考慮する必要はない」といった旧来の解釈が通底している。

このような合板型枠に替わり、1990年代に樹脂型枠が開発され、すでに実投入されている。樹脂型枠は、合板型枠に比べて、製造時のCO₂削減量が大いことから、転用回数を稼ぐことで使用一回あたりのCO₂排出量において、合板型枠よりも低くなることを目指している。表-2に示すように、センサ搭載型枠における使用一回あたりのCO₂排出量が、合板型枠よりも25%程度低くなるのはこのためであるが、使用回数が、合板型枠の10倍以上となるため、建設現場における型枠由来の廃棄物も十分の一以下に削減できると思われる。

5. おわりに・コンクリート工事のさらなる効率化に向けて。特に断熱仕様版の導入開始

センサ搭載型枠は、現在、多くの建設現場で利用され始めている。施工者がセンサ搭載型枠を利用する理由には、環境の不安定な場所のコンクリート工事を、大幅に効率化させる可能性があることを期待されているケースが多いと聞く。特に、複雑な形状を有する構造物の冬期のコンクリート工事では、日射、風向き、風速など、品質管理を行う上で考慮すべき重要な因子が多くあるため、極めて注意深く養生することが求められるが、先に示したように、ジェットヒーター、保温シートなどを対処療法的に施す程度のことを行っているのが現状である。

今冬、我々は、センサ搭載型枠に、独自仕様の断熱加工を施した断熱養生仕様版を試験施工中である（図



図-5 現在開発中のセンサ搭載型枠・断熱仕様版

—5)。断熱仕様とすることで、コンクリートの水和熱を保温に積極的に利用でき、コンクリートの初期養生の安定化にも役立つ。断熱効果を評価する際にセンサ搭載型枠に搭載された温度センサがそのまま利用できるため、ただ単に断熱養生できるのではなく、どのくらいの保温養生ができていないかを、リアルタイムで監視・評価したり、自動記録されたデータから知ることとも可能である。

このように、センサ搭載型枠は、コンクリート工事における品質管理の重要なプラットフォームとして、多くの現場のニーズを踏まえながら、これからも機能を柔軟に追加し、進化していく予定であり、コンクリート構造物の高性能化・高品質化に向けて、よりいっそう品質管理の合理化・高度化に貢献できるシステムとなるべく検討を続けていく所存である。

JCM A

《参考文献》

- 1) 杉山ほか：コンクリート中に埋め込んだ各種ICタグの通信性に関する研究、日本建築学会技術報告集 第15巻、第29号、pp.9-14, 2009
- 2) fib 編：Constitutive modelling of high strength/high performance concrete, p.103, 2008
- 3) CEB-FIP Model Code 1990

【筆者紹介】

野口 貴文（のぐち たかふみ）
東京大学大学院
工学系研究科
准教授



北垣 亮馬（きたがき りょうま）
東京大学大学院
工学系研究科
講師



西島 茂行（にしじま しげゆき）
児玉(株)
エンジニアリング事業部
事業部長



ダム機能の延命化を図る土砂バイパストンネルの施工

平成 20 年度 小渋ダム土砂バイパストンネル工事

藤 原 武 司

本工事は、小渋ダムへの堆砂の進行を抑制してダムの有効容量を確保すること、下流河川環境の健全化を図ることを目的として、土砂バイパストンネルを建設する工事である。トンネル延長が約 4 km の長大トンネルであることから、安全かつ効率的に施工することを目的として、連続ベルトコンベア方式を採用した。また、効率的に換気を実施するため、伸縮ダクトを採用して切羽近傍にて粉じんを捕集し、NLF (Non Leak Fastener) 風管にて送風するシステムを導入した。

中央排水工の掘削においては、トンネル延長が長く、比較的堅硬な地山であったため、工程短縮を目的にトレンチャー機による溝掘削を実施した。

キーワード：土砂バイパストンネル、連続ベルトコンベア、伸縮ダクト、トレンチャー

1. はじめに

小渋ダムは、国土交通省所管の洪水調節、かんがい、発電を目的とした多目的ダムであり、昭和 44 年に完成した。

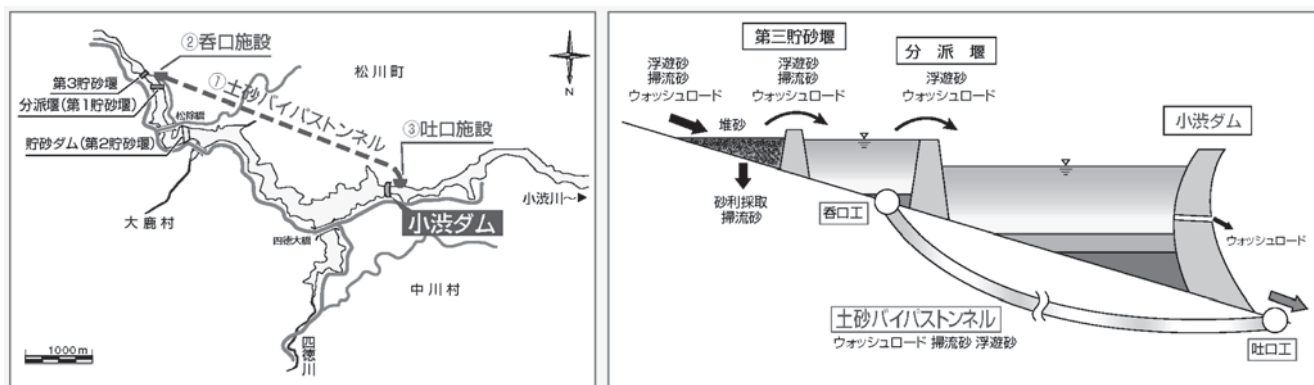
小渋川流域は、中央構造線の影響を受けた脆弱な地質と、急峻な地形から土砂生産量の多い地域であるため、従来より、ダムの堆砂対策として貯砂ダムを設置し、堆積土を砂利資源として積極的に利用する等により、ダムの有効容量の確保に努めてきた。

しかし、小渋ダム貯水池への堆砂は年々進行しており、完成後 40 年経過現在の堆砂率は 79% に達しており、このままではダムの洪水調節機能に支障を来すおそれがあることから、新たな堆砂対策として平成 12 年より堰堤改良事業に着手し、この事業の根幹施設と

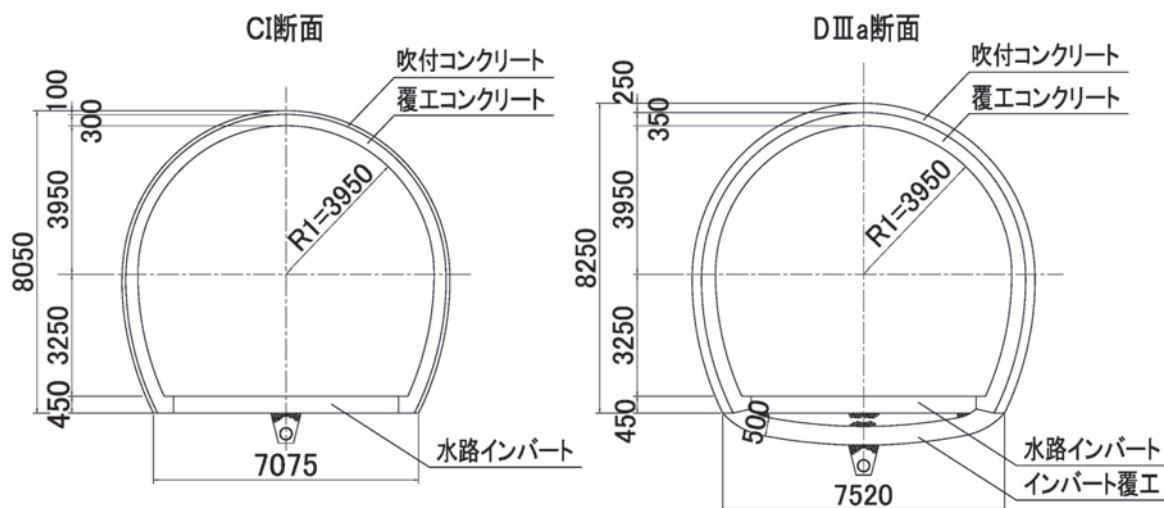
なる土砂バイパストンネル工事に平成 21 年より本格着手した。

2. 工事概要

本工事は、小渋ダムへの堆砂の進行を抑制してダムの有効容量を確保すること、小渋ダムの下流河川環境の健全化を図ることを目的として、小渋川左岸に貯水池を迂回する土砂バイパストンネルを建設する工事である（図—1）。全国でも前例が少なく、4 例目の土砂バイパストンネルとなる。対象流量は $370 \text{ m}^3/\text{s}$ 、対象土砂は、掃流砂、浮遊砂、ウォッシュロードであり、縦断勾配 1/50、トンネル延長約 4 km の長大トンネルである。内空断面積は片側一車線の道路トンネルと同等の大きさ (48.7 m^2) であるが、土砂を流すと



図—1 工事概要



図ー2 標準断面図

いう観点から水深が必要となり、道路トンネルと比較して内空幅が狭く、内空高が高い形状となっている(図ー2)。

施工は、小渋ダム直下の河川敷に仮設ヤードを造成し、下流から上流に向かっての片押し施工である。また、上流呑口側坑口は、河床より低い位置となるため、仮締切を構築し、非出水期に約 25 m のトンネル掘削を施工した後、止水壁を構築して下流側からの貫通に備えた。施工方法は、NATM で発破掘削方式の補助ベンチ付全断面工法である。

3. 施工報告

(1) 連続ベルトコンベア方式によるトンネル掘削

本工事は、施工延長約 4 km の長大トンネルであり、標準断面も比較的小さく、幅が狭い形状となっている。特に覆工コンクリート打設完了箇所においては、特殊な形状(根足部が突出した形状)となっているため全幅 6.0 m と狭く、ダンプトラックおよびトラックミキサーの離合が非常に厳しい状況である。そのため、トンネル坑内の安全性を向上させること、トンネル掘削作業の施工性を向上させること、排気ガス低減による坑内環境の向上を目的に、連続ベルトコンベアによるずり出し方式を採用した。連続ベルトコンベアは、メインドライブ装置、ストレージカセット装置を設置するスペースとして、延長約 80 m が必要である。しかし、坑外の仮設ヤードが狭小であり、坑外に設置することができないため、覆工コンクリート 150 m の打設を完了した後、坑内に設置した。

坑内のベルトコンベアの配置は、車両の離合を可能とするため、吊り下げ型(掘削完了部、写真ー1)およびニーブレス型(覆工完了部、写真ー2)を採用し



写真ー1 ベルコン設置(掘削完了部)

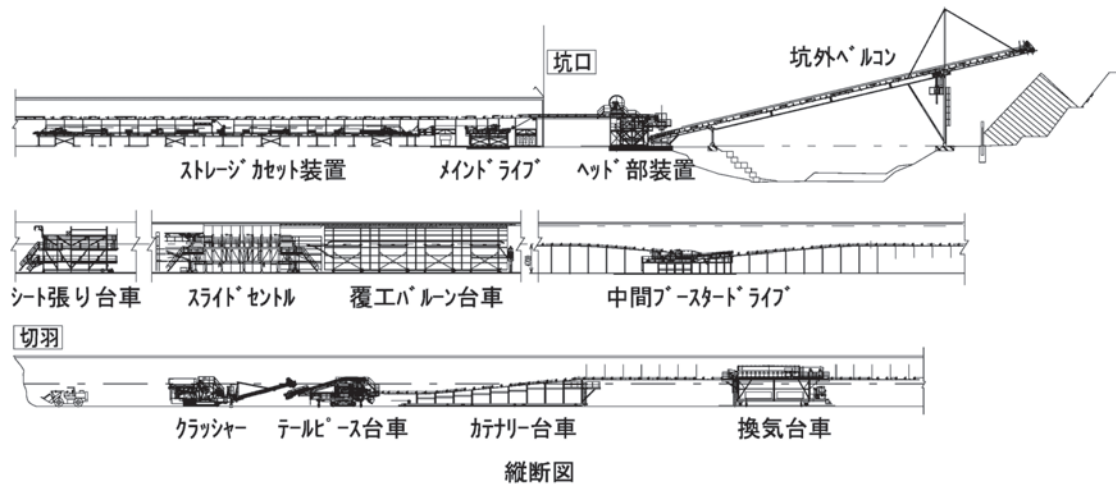


写真ー2 ベルコン設置(覆工完了部)

た。

切羽付近に設置する設備としては、クラッシャー、テールピース台車がある。クラッシャーにて破碎されたりは、テールピース台車を介して連続ベルトコンベアにより坑外へ搬出されるが、掘削作業の施工性を向上させるため、トラクターショベル 2 台を投入して、ずり出し作業を行う計画とした。図ー3 に設備配置概要図を示す。

平成 21 年 8 月初めにトンネル掘削を開始した。覆



図ー3 連続ベルトコンベア設備配置

工コンクリートの開始は、平成21年12月末であり、平成22年2月末より、連続ベルトコンベアの設置工事を実施した。ベルトコンベアによるずり出し方式の施工は、平成22年3月から開始し、平成24年3月末にトンネル掘削を完了した。連続ベルトコンベア方式の掘削延長は3,420 mであり、平均月進136.8 m、最大月進178.5 mを記録した。

(2) 伸縮ダクトによる換気システム

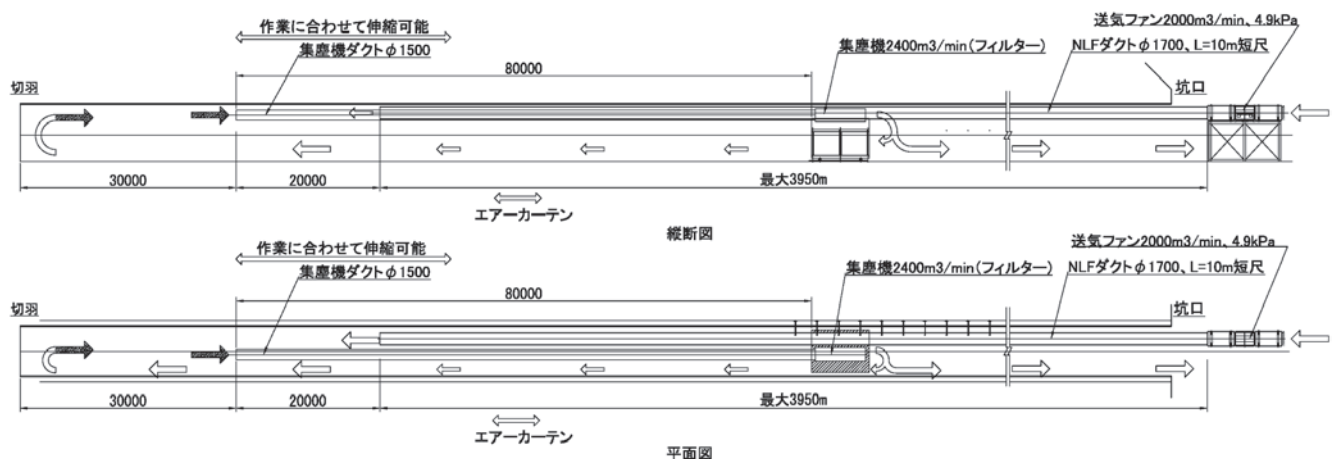
粉じん則において、切羽後方50 m地点での粉じん濃度が 3 mg/m^3 となるような措置を講ずることが規定されている。切羽後方50 m地点での粉じん濃度を下げるには、切羽近傍で粉じんを捕集することが最も効果的である。しかし、吸込口を切羽に近付けすぎると、発破の飛石により損傷する懸念がある。そこで、伸縮風管の先端に設置した牽引装置により、天端に設置したIビームを軌道として遠隔操作で移動できる装置を設置し、吹付作業等の粉じん発生作業時には、切羽近傍まで吸込口を近付けて、粉じんを捕集するシス

テムを採用した。図ー4に伸縮ダクトによる換気システムの概要図を、写真ー3に設置状況を示す。

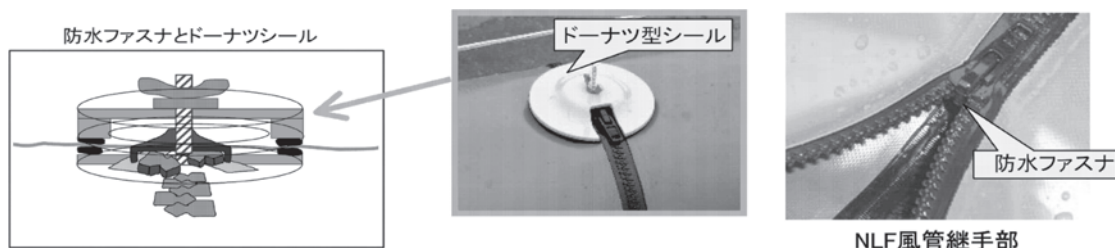
また、通常のビニル風管を使用した場合、風管の連結部からの漏風により、トンネル延長が長くなると換気効率が著しく低下するが、本工事においては、NLF (Non leak fastener) 風管 (図ー5) を採用し、連結部からの漏風を低減することで換気効率を向上させ、



写真ー3 伸縮ダクト設置



図ー4 換気システム概要



図ー5 NLF 風管

約 4 km の長大トンネルにもかかわらず，中継ファンを設置しなくても，換気可能な計画とした。

(3) トレンチャー機による中央排水工の施工

トンネル掘削の支保パターンは，CI パターンが全体の約 60% を占め，比較的良好な地山であった。通常，中央排水工の施工は，大型ブレーカによる掘削を行うが，施工断面が小さく，掘削能力も不安視され，掘削断面の余掘りも大きくなることが想定されたため，工程短縮および余掘り量低減のため，トレンチャー機による溝掘削を実施した。

トレンチャー機の施工は，チェーンカッターを回転させるカッターブームを車体後部に取り付け，カッターの回転で岩盤を掘削する。車両の移動はクローラで行い，ブームの負荷に応じて移動速度を変化させ連続掘削する。トレンチャーの性能・諸元および施工状況写真を以下に示す（表ー1，写真ー4）。

表ー1 トレンチャーの性能・諸元

トレンチャーの種類	MASTENBLOEK 40/30
掘削幅	700 ～ 1,100 mm
掘削岩の硬さ（最大）	70 MPa
重量	50 t
長さ	14.0 m
幅	2.95 m
高さ	3.00 m
エンジンの出力	450 PS



写真ー4 トレンチャー掘削

4. おわりに

トンネル工事は，水路インバートを残すのみとなっている。水路インバートは，供用後に土砂水を流すため，耐摩耗性を向上させることを第一に設計されている。当初設計においては， 36 N/mm^2 のコンクリートを使用する予定であったが，より耐摩耗性を向上させるため，配合検討，試験施工を実施して， 50 N/mm^2 以上の高強度コンクリートに変更した。施工は，スリップフォームペーパーによる機械施工を予定している。

工事は，終盤に入っているが，まだ特殊な技術が目白押しとなっている。今回の施工は，貴重な経験となることは勿論であるが，今後同様の工事の参考になれば幸甚である。また，今後の施工についても，機会があれば情報発信していきたいと考えている。

J C M A

【筆者紹介】

藤原 武司（ふじわら たけし）

大成建設㈱

名古屋支店 小浜ダム土砂バイパストンネル作業所

工事課長



鶴田ダム再開発の計画と設計施工

国内最大規模の施設改造工事

久保朝雄・遠山玄郎

鶴田ダムは、川内川のほぼ中央部（河口から約 51 km）に位置し昭和 41 年 3 月に治水と発電を目的とした多目的ダムとして建設された。薩摩地方北部では、平成 18 年 7 月の記録的な豪雨により上流から下流に至る 3 市 2 町で甚大な被害が発生し、川内川流域で激特事業が採択された。

鶴田ダムは、この水害時に下流の洪水被害を軽減したが、水害直後は批判的な意見もあった。しかし最終的に地元から「ダムの治水機能を強化してほしい」と要望が出され激特事業と相まって川内川流域の洪水被害を軽減するために平成 19 年度より鶴田ダム再開発事業に着手している。

鶴田ダム再開発事業は、洪水調節容量を増量するために 3 本の放流管増設と 2 本の発電管の付替及び減勢工の新設及び改造を行うものである。

キーワード：激特事業、ダム再開発事業、洪水調節容量、増設放流設備、減勢工改造、上流仮締切、堤体削孔、飽和潜水システム

1. はじめに

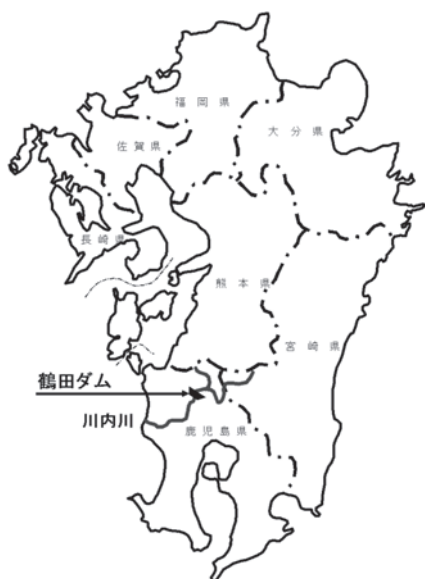
川内川（せんだいがわ）は、遠く熊本県あさぎり町の白髪岳を源とし、熊本、宮崎、鹿児島県の 3 県を貫流して薩摩灘へ注ぐ一級河川で幹川流路延長 137 km は、九州で 2 番目に長く流域面積 1,600 km² は、九州で 5 番目の広さとなっている。

鶴田ダムは、川内川のほぼ中央、河口から約 51 km に位置する昭和 41 年に完成した洪水調節と発電を目

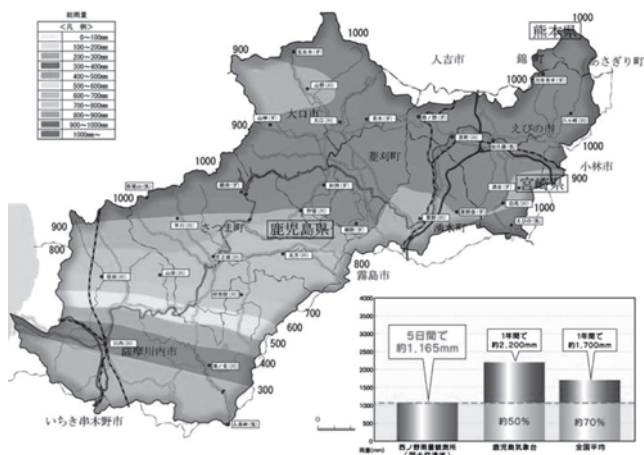
的とした高さ 117.5 m の九州で 1 番高い重力式コンクリートダムである。

川内川流域では、平成 18 年 7 月 19 日から 23 日にかけて薩摩地方北部を中心に記録的な豪雨に見舞われ、特に宮崎県えびの市の西ノ野雨量観測所では、この 5 日間だけで全国平均の年間総雨量の 70%、鹿児島市の年間総雨量の 50% に相当する 1,165 mm という雨量が観測された。

この記録的な豪雨により、流域内の 15 箇所の水位観測所のうち 11 箇所で既往最高水位を更新している。特に河口から約 38 km に位置する鹿児島県さつま町の宮之城水位観測所では、計画高水位を 2.92 m 超過



図一 鶴田ダム位置図



図二 川内川流域の総雨量図

し、11.66 m に達した。

この既往最大の洪水により、川内川流域全体の3市2町（薩摩川内市、さつま町、伊佐市、湧水町、えびの市）において浸水家屋2,347戸に及ぶ甚大な被害が発生したため、河川激甚災害対策特別緊急事業（激特事業）が採択された。

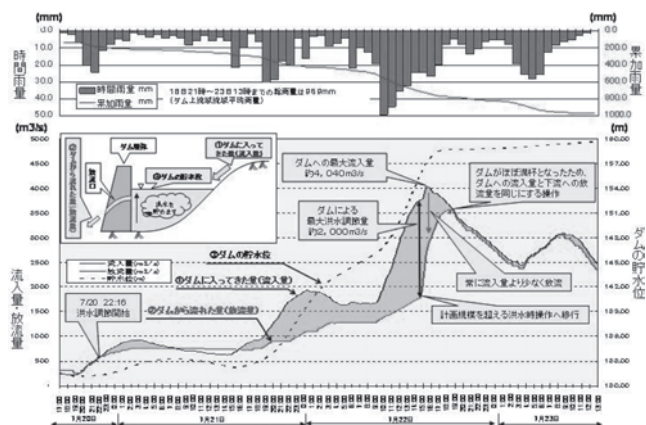


写真—1 さつま町虎居地区浸水状況（写真提供：陸上自衛隊第8師団）

鶴田ダムは、平成18年7月洪水時に東京ドーム約60個分に相当する7,500万 m^3 の洪水を貯留し、下流に流れる水量を少なくして洪水被害を軽減させた。

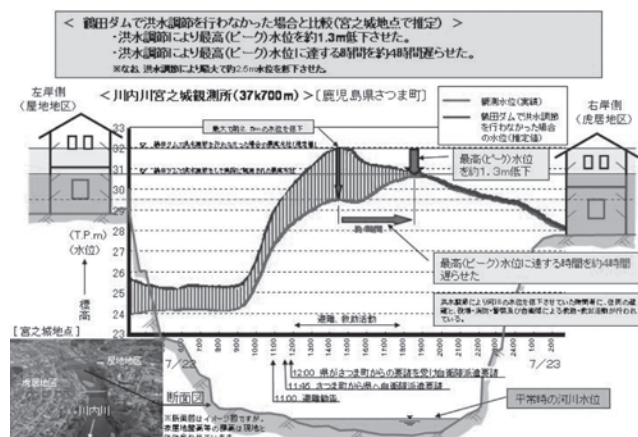


写真—2 平成18年7月洪水時の鶴田ダム



図—3 鶴田ダムの洪水調節状況

具体的には、ダムから約13 km 下流の宮之城水位観測所で洪水調節を行わなかった場合と比較して、最



図—4 鶴田ダムの洪水調節効果

高水位を約1.3 m 低下させ、最高水位に達する時間を約4時間遅らせる効果を発揮している。

水害直後は、鶴田ダムに対する批判的な意見もあったが、最終的には地元から「鶴田ダムの洪水調節容量を増やして、治水機能を強化してほしい」という要望が出され、激特事業と相まって川内川流域の洪水被害を軽減するため平成19年度より鶴田ダム再開発事業に着手している。

2. 再開発事業の概要

(1) 現在の鶴田ダムの諸元

表—1 ダムの諸元

項目	諸元
形式	重力式コンクリートダム
堤高	117.5 m
堤頂長	450.0 m
堤体積	1,119,000 m^3

表—2 貯水池の諸元

項目	諸元
集水面積	805.0 km^2
湛水面積	3.61 km^2
総貯水容量	123,000,000 m^3
有効貯水容量	77,500,000 m^3
洪水調節容量	75,000,000 m^3
常時満水位	標高 160.0 m
最低水位	標高 130.0 m

表—3 現在の放流施設の諸元

項目	諸元
コンジットゲート	高 4.18 m × 幅 4.3 m × 3 門
クレストゲート	高 11.5 m × 幅 8.5 m × 2 門 高 14.0 m × 幅 12.0 m × 2 門

(2) 洪水調節容量の増量

今回の再開発事業は、洪水期の発電容量（250 万 m^3 ）と死水容量（2,050 万 m^3 ）の合計 2,300 万 m^3 を洪水調節容量に振り替えることにより洪水期の洪水調節容量を最大 7,500 万 m^3 から最大 9,800 万 m^3 に増量するものである。

そのため洪水期の貯水位を大幅に低下させる必要があり、最低水位を現在の標高 130 m から標高 115.6 m へ 14.4m 低下させる。

再開発後における洪水調節容量

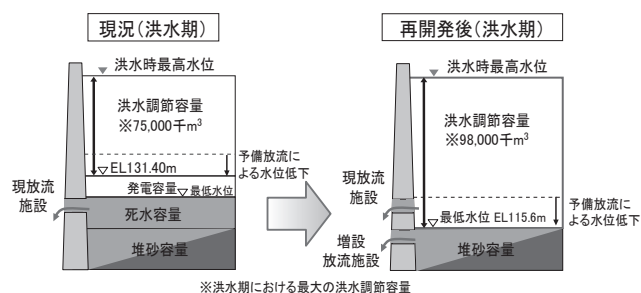


図-5 再開発事業の概念図

(3) 放流施設の増設

最低水位の低下に伴い現在の放流施設では洪水調節のための放流能力が不足するため、現在の放流施設より低い位置の右岸側に放流施設（コンジットゲート 3 門）を増設して放流能力の増強を図る。

また、これに伴い新設減勢工を増設し、併せて既設減勢工を改造する。

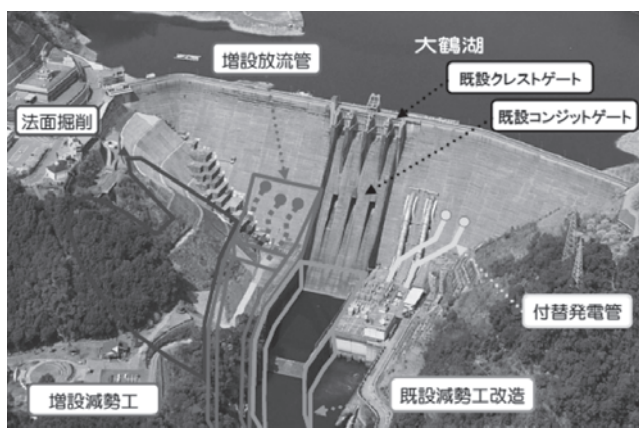


図-6 再開発事業のイメージ図

表-4 増設放流施設の諸元

項目	諸元
コンジットゲート	高 4.8 m × 幅 3.4 m × 2 門 高 3.8 m × 幅 2.8 m × 1 門

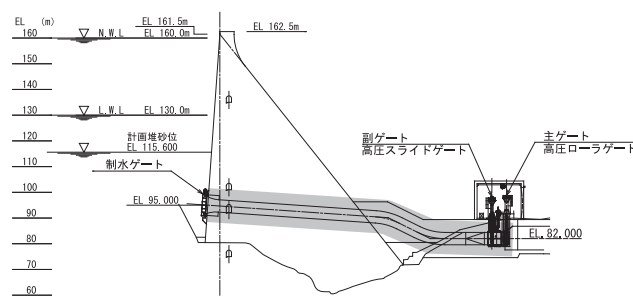


図-7 増設放流管の配置（1・2号増設放流管）

3. 技術的課題

(1) 堤体穴あけに伴う削孔周辺部の安全性の確認

堤体への穴あけは、構造安定性に大きな影響を及ぼすため、既設ダムの設計時に安定計算を実施した断面に欠損が生じることに対する安定性の検証、開口部周辺の応力状態の検証を行う必要がある。

今回の再開発事業では、増設放流管（直径 4.8 m、削孔断面は高 6.0 m × 幅 6.0 m）3 本、付替発電管（直径 5.2 m、削孔断面は高 6.4 m × 幅 6.4 m）2 本の合計 5 箇所の穴あけを行い、設計水深は 60 m を超え、既往実績で最大級の規模であるため、工事中及び工事完成後の発生応力を 3 次元有限要素法を用いて詳細に検討し、削孔形状は円形よりも最大発生応力の低下が見込まれる矩形とした。

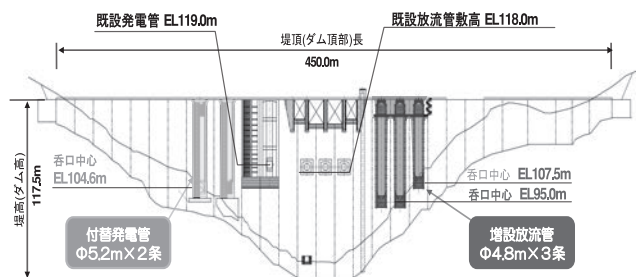


図-8 ダム上流面図

更に堤体削孔により発生が予想される空洞周辺コンクリートの最大引張応力を堤体下流面に試験削孔（直径 2.5 m × 奥行 5.0 m）を行うことにより再現して目

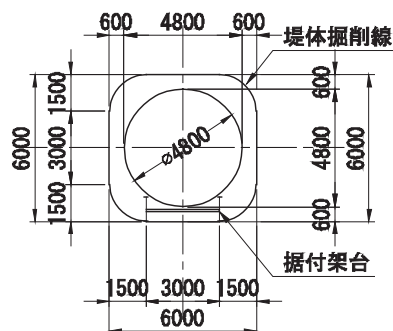


図-9 堤体削孔形状



写真一三 実証試験空洞内での観測状況

視及び、ひずみ計等による観測を実施し削孔に対する堤体コンクリートの安全性の確認を行った。

(2) 既存施設や法面掘削への影響を考慮した減勢工設計

増設及び既設改造部の減勢工の配置については、左岸側の発電所や右岸側の法面掘削への影響を考慮するとともに洪水時の流況を確認するため水理模型実験により最適形状を決定した。

①増設減勢工

設計洪水水位での放流量を対象とし施設規模を定めるとともに、減勢工設置に伴う右岸法面の掘削を極力低減させるため現地地形標高の高い位置に一次減勢工、下流河道との接続部分に二次減勢工を配置する2段式減勢工（副ダム付き水平水叩き方式）とした。

②既設減勢工改造

堤体の安定及び放流水の減勢効果の増強を図るために、堤体下流に順傾斜式水路のマット工を設置し、その下流の既設減勢工を改修し、水平水叩き方式の減勢工を新設・延長することで既設のクレスト及びコンジットゲートからの最大放流量を減勢させることにした。

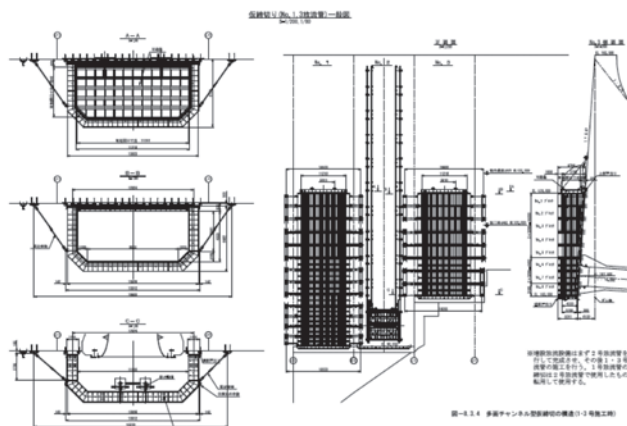
(3) 大水深下での上流仮締切の設置

堤体穴あけ時に必要となる貯水池側の仮締切は、大水深かつ大規模になるため、水圧に対応した構造を検討するとともに大水深下での作業に対応した潜水方式で施工する必要がある。

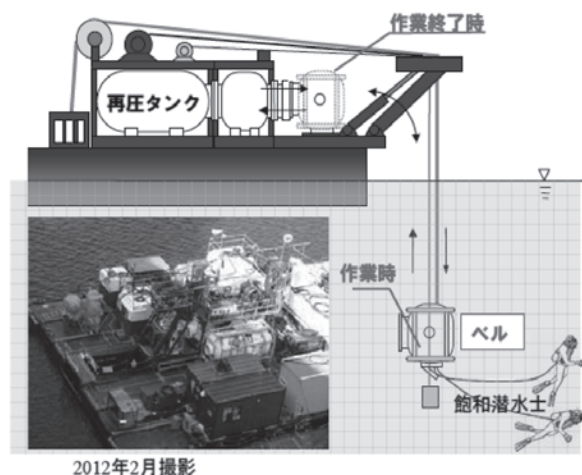
検討の結果、上流仮締切の構造形式は、上流面への設置が容易な鋼製角落としゲート構造とした。

図一10に示す側方の緊定金物について、タイロッドとターンバックルを用いているが、現在この部分の合理化を検討している。

また潜水方式については、最大水深65mでの水中



図一10 上流仮締切一般図



図一11 飽和潜水の概要図

作業が必要となり、作業の効率化と作業員の安全確保を考慮して「飽和潜水」方式を選定した。

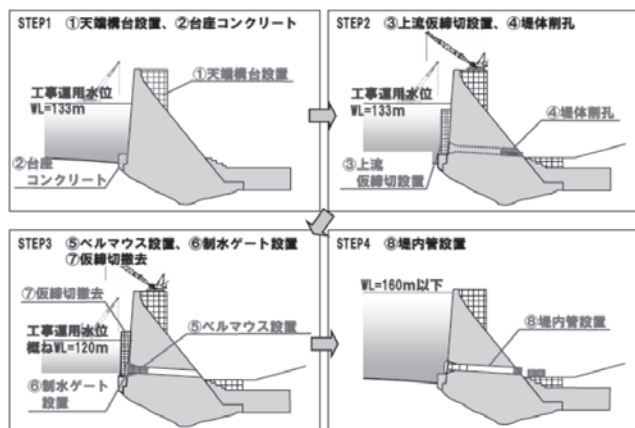
飽和潜水とは、作業期間を通じて作業水深と同じ気圧の居住空間内で生活して、作業終了時に減圧して大気圧に戻す潜水方法である。

飽和潜水を行う際には、地上・船上で高圧環境を実現するための再圧タンク及び高圧環境を維持したままで約1箇月間このシステムの中に滞在して湖底まで往復するためのベルを使用して水中作業を行う。

(4) ダムの現有機能を維持しながらの施工

現在の鶴田ダムの治水機能を維持するとともに利水機能への影響も必要最小限に抑えて施工するため、安全で効率的な施工方法を検討した結果、原則として貯水池内の工事は、非洪水期（10月16日～6月10日）のうち、10月16日～5月31日に通常より貯水位を下げて実施する。

上流仮締切設置等は、発電のために最低限必要な水位である標高133mの貯水位にて施工して、上流仮締切内での制水ゲート設置等は、工事の安全を最大限確



図一 12 堤体削孔（放流管・発電管）の進め方

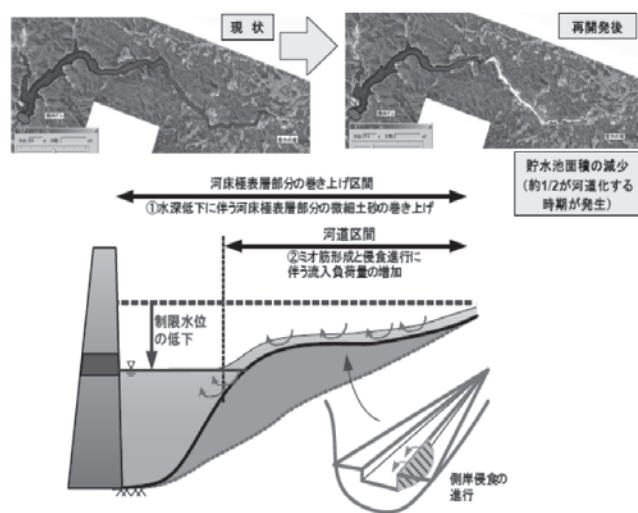
保するために、既設コンジットゲートを全開にして貯水位を最大限低下させた状態である概ね標高 120 m の貯水位にて施工する。

(5) 環境への影響検討

今回の再開発事業は、環境影響評価法及び鹿児島県環境影響評価条例での要件には該当しないが、事業規模が大きく事業期間が長期に及ぶため、鶴田ダム再開発事業環境検討委員会（有識者等にて構成される委員会）の指導・助言のもとに環境影響評価法に準じた調査、予測、環境保全のための検討及び評価を行った。

その結果、工事期間中及び再開発事業完了後に貯水位がこれまで経験のない水位に低下することでダムの堆積土砂が侵食され、一時的に SS（水の濁り）が高くなるとともに環境基準を超える日数の増加が予測された。

そのため、工事期間中の水位低下時に堆積土砂の侵食を抑制する対策工を実施している。



図一 13 水位低下による水質への影響

4. 事業の進捗状況

(1) 事業全体の進捗状況

平成 20 年 4 月に工事用道路工事に着手し、平成 23 年 3 月末に既存の町道を改良した工事用道路（約 2.2 km）及び本体関連工事であるダム下流の右岸法面掘削工事が完了し、本体工事の着工準備が整った。

また、平成 23 年 1 月に施設改造工事（堤体削孔と増設減勢工）及び上流仮締切設備工事を発注して、平成 23 年 3 月からダム本体工事、4 月中旬から上流仮締切の台座コンクリートを設置するためのダム湖内での浚渫工事に着手し、同年 12 月から飽和潜水作業及び増設減勢工のコンクリート打設を開始している。

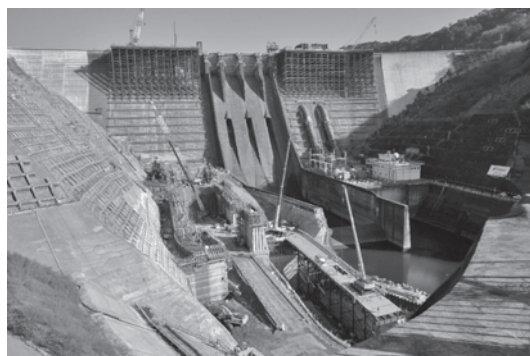


写真一 4 貯水池内の施工状況（平成 24 年 12 月）

(2) 貯水池内工事の進捗状況

飽和潜水では、水中の急傾斜での施工となることや水温が 10℃と低く、視界が 40～50 cm であること等のダム湖内特有の厳しい条件を考慮して作業する必要があった。

鶴田ダム再開発は、上流仮締切を固定するために台座コンクリート方式を採用しており、水中不分離性コンクリートによる施工を行っているが、コンクリートの打設量が多く、温度応力の発生が懸念されたため、水中コンクリートの打設に合わせて、ダム天端構台上で事前に製作したプレキャストブロックをクローラク



写真一 5 ダム下流側施工状況（平成 24 年 12 月）

レーンで設置している。

また工事期間中の水位低下時に堆積土砂の侵食を抑制する対策工は、平成24年10月より本格的工事に着手している。

(3) ダム下流工事の進捗状況

平成23年12月27日にダム右岸下流側の増設減勢工のコンクリート打設を開始して、平成24年12月現在で約7万 m^3 の打設を完了している。

掘削面においては、岩盤スケッチを行い過去の地質資料と確認しながら施工を進めるとともに今後のダム再開発の参考とするために記録の保存を行っている。

(4) その他

本事業の施工上の課題の迅速な解決や現地の施工状況及び安全性を適時的確に確認するために「鶴田ダム再開発技術検討委員会」を設置しており第1回委員会を平成23年11月に第2回委員会を平成24年5月に開催している。

また「環境レポート」の作成及び工事期間中の環境保全措置の履行状況への指導・助言を目的として、設置された「鶴田ダム再開発事業環境検討委員会」を定期的に開催している。



図一 14 鶴田ダム再開発後の完成予想図

5. おわりに

平成24年12月現在、上流仮締切台座コンクリートの設置作業及び増設減勢工のコンクリート打設を行っている状況である。

来年度には、上流仮締切扉体設置及び増設放流管設置のための堤体削孔が予定されており、着々と準備作業を進めている。

これらの工事は、これまでの国内事例を大きく超える大水深下での施工であり、鶴田ダム再開発での経験が今後のダム再開発事業の発展につながるものと認識している。

既設ダムの再開発事業は、ダムを新設する場合に比べて短期間で効果が発現出来ることや、我が国の厳しい財政状況や社会環境に及ぼす影響を最小限に抑えることが出来る等のメリットがあるため、その必要性は今後、益々高まることが予想される。

鶴田ダム再開発事業は、地域住民の強い要望と期待を受け、早期に事業化が実現した経緯がある。

そのため、洪水調節機能の強化による治水効果が一刻も早く発現出来るように、また今後のダム再開発における先進的な事例としての役割を果たすように引き続き効率的な施工方法、施工計画を立案することが重要な課題となっている。

最後に平成27年度の事業完了に向け、今後も安全第一に鋭意工事を進めて参りたい。

J C M A

【筆者紹介】

久保 朝雄（くぼ あさお）
国土交通省
九州地方整備局
川内川河川事務所長



遠山 玄郎（とやま もとお）
国土交通省
九州地方整備局
開発工務課長



水力発電所の現状と今後

低炭素社会の実現に向けた水力発電の役割

土 居 裕 幸

水力発電は、資源の乏しいわが国において、貴重な純国産エネルギーとして重要な役割を果たしているとともに、エネルギー資源の枯渇問題と地球温暖化問題から、再生可能エネルギーとしての重要性も高まっている。

本稿においては、関西電力における低炭素社会に向けた取り組みに関する水力発電の維持・拡大に焦点を当てて、水力発電の現状と国内外の推進事例を紹介する。

キーワード：水力発電所、電力、環境、低炭素、ダム、河川

1. はじめに

日本における最初の商業用水力発電は、1891年に琵琶湖疎水事業の一環として開発された京都市の蹴上発電所である。当時の水力発電所は流込み式が主流であったが、その後、貯水池を持つダム式・ダム水路式へと発展し、1960年頃までは生活・産業の発展と近代化を支える重要な電源であった。現在では火力発電等へと主役を交代したものの、水力発電は資源の乏しいわが国において、貴重な純国産エネルギーであり、エネルギーセキュリティ確保の面から重要な役割を果たすとともに、低廉なコストで長期間運用でき、負荷追従性や系統安定に対する貢献等、優れた特質を有している。

また、水力発電は再生可能エネルギーとしての重要性も高まっている。エネルギー資源の枯渇問題と地球温暖化問題への全世界的な対応の必要性から「低炭素社会作り行動計画」が2008年7月に閣議決定され、この中で原子力発電を中核として水力発電や太陽光発電など、発電時に温室効果ガスを排出しない「ゼロ・エミッション電源」の発電比率の向上が求められている。

平成24年の国際大ダム会議京都大会では、今後のICOLDの活動規範となる「持続可能な開発のための水貯留」について、関係国際機関との共同宣言が採択された。宣言では、「世界人口増大に伴う水、食料及びエネルギー需要の増加は、天然資源制約への挑戦である。人類はかつてない厳しい水資源状況に直面しており、持続可能な方法による水貯留基幹施設の開発に

力を結集する必要がある。」と記されており、2050年に90億人を超えるとされる人類にとっては水・食料・エネルギーの需要増加への対応が不可欠であると強調されている。

この中で、今後のエネルギー需要の増加に対応するために、負荷追従性の高い再生可能エネルギーである水力発電を導入することは、電力系統の信頼性の向上に繋がる一方、太陽光や風力のように出力が不安定で変動が大きい間欠性再生可能エネルギーのさらなる開発にも貢献できるとしている。さらに、世界的に見て水力発電の開発余地は、まだ大きく残されている。未開発地点の開発を進めることは化石燃料の利用を節減し、温室効果ガスの実質的な排出抑制に繋がり、また水資源管理も改善されるとの指摘もあり、低炭素エネルギーである水力発電の開発促進への期待は大きい。

一方、わが国の水力発電は、その包蔵水力のうち、出力および電力量ベースで7割弱、地点数で約4割が既に開発されており、費用対効果の観点から事業性の乏しい地点や、自然・社会環境的に受容性がないために開発されていない地点しか残されていない。そのような中、国としては許認可等手続きの簡素化等の見直しや、新設・既設発電所に対する助成制度の拡充など様々な施策を打ち出し、水力発電開発・促進の改善策を講じている。他方、事業者もそれぞれが保有する設備の特性や地域性を活かしながら、水力発電の発電電力量増加に取り組み、温室効果ガスの排出抑制および太陽光発電をはじめとした再生可能エネルギーの安定供給に努めている。本稿は、雑誌「河川（H24/8）」に提出した原稿を加筆修正したもので、関西電力にお

ける低炭素社会の実現に向けた水力発電に関する取り組み内容を紹介する。

2. 低炭素社会の実現に向けた関西電力の取り組み

当社は、中長期的に地域の低炭素化を進める総合戦略のもと、需給両面からの取り組みによる低炭素社会の実現や、スマートグリッドの構築をめざすとともに、「海外での取り組み」、「先進的な技術開発」も着実に進め、地球規模での持続可能な低炭素社会の実現に向けた取り組みを展開している。図—1に当社グループ独自の低炭素社会の実現に向けた総合的対策を示す。



図—1 当社グループ独自の総合的対策

中でも「電気の低炭素化の加速」は大きな効果が期待できる直接的な取り組みのひとつであり、原子力の安全・安定運転、火力の高効率化、水力の維持・拡大、新エネルギーの開発・導入など様々な取り組みを通じて進めている。

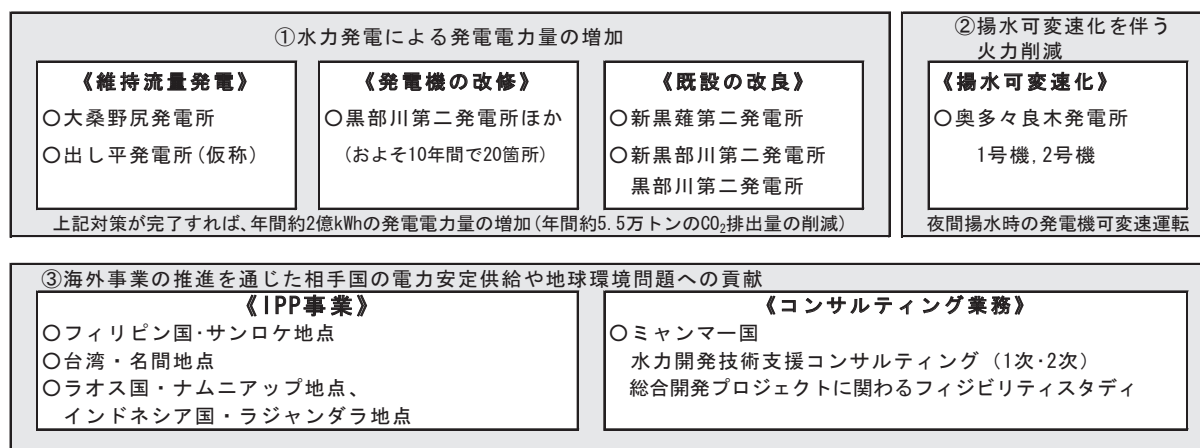
当社における水力発電所の発電電力量の割合は10%程度であるが、発電時にCO₂を排出しない水力発電所の発電電力量を向上させることは電気の低炭素化に有効である。既設水力発電所の効率的な維持・運用を図るとともに、経済性や地域情勢等の条件が整うものから、中小規模の水力新規地点の開発を行っており、さらには揚水発電所の発電機を可変速化する対策も積極的に進めている。また、海外エネルギー事業については、これまで培ってきた当社技術の活用、国内へのフィードバック、相手国・地球環境問題への貢献を目的に、東南アジアを中心に投資開発やコンサルティング業務を展開している。

以下に、低炭素化社会に向けた水力発電の維持・拡大に焦点を当てて、当社の国内外の推進事例を紹介する。

3. 電気の低炭素化に向けた水力発電の推進事例について

水力発電は純国産エネルギーとして供給安定性や経済性に優れた特徴を有している電源である。当社は、この水力発電について、前述のとおり今後も適切なメンテナンスにより安定した運転を続けるとともに、既設設備の出力向上や揚水発電所の可変速化の推進、中小水力の開発などにより、需給変動への柔軟な対応や、さらなる環境負荷の低減に取り組んでいる。

具体的な取組内容は、図—2に示すとおり大きく3つのアプローチから行っており、①水力発電による発電電力量の増加による低炭素化加速の実施。②揚水可変速化に伴う火力発電の削減。（従来、夜間の周波数調整を担っていた火力発電に代わり、揚水発電所の発電機の可変速運転が可能になることでその役割を担う。）③海外水力開発事業の推進を通じ相手国の電力



図—2 当社水力発電の低炭素社会実現への取り組み

の安定供給や地球環境問題への貢献，を行うことである。

(1) 水力発電による発電電力量の増加

①河川維持流量を利用した水力発電

《大桑野尻発電所》

当社が所有する読書ダム（長野県木曽郡大桑村）は、ダム下流の景観保全など河川環境維持のため，常時，河川維持流量を放流している。この河川維持流量と未利用落差を利用した発電所の建設を計画し，平成 23 年 6 月に営業運転を開始した。この発電所は，当社として初めてとなる河川維持流量を利用した発電所（写真—1）であり，最大出力 490 kW で年間約 375 万 kWh の発電電力量を見込んでいる。これにより，年間 1,300 t の CO₂ 排出量の削減が可能となる。



写真—1 大桑野尻発電所の概要

《出し平発電所（仮称）》

上記，大桑野尻発電所に続き，当社所有の出し平ダム（富山県黒部市宇奈月町）においても河川維持流量を利用した出し平発電所（仮称）を新設する予定である。表—1 に示すように出し平発電所（仮称）は出力 510 kW で，年間発電電力量を約 170 万 kWh と見込んでおり，年間 480 t の CO₂ 排出量を削減することになる。

表—1 出し平発電所（仮称）の概要

所在地	富山県黒部市宇奈月町
水系・河川名	黒部川水系 黒部川
発電所形式	ダム式（維持流量発電）
最大出力	510 kW（1 基）
発電電力量	約 170 万 kWh/ 年
最大使用水量	1.76 m ³ /s
有効落差	37.16 m
CO ₂ 削減量	約 480 t/ 年

現在，平成 26 年 5 月の着工，同年 12 月の営業運転開始を目指し検討を進めている。

②設備更新による発電機の改修等

今後 10 年間で，約 20 か所の水力発電所において，水車や発電機の取替えなど設備更新を計画的に実施する予定である。この設備更新では，精度の向上した劣化診断技術を活用し，更新時期をより適切に見極めるとともに，コンピュータを用いた解析技術を活用し，水車ランナなどの形状を最適化することで既存設備を最大限に活用しつつ，より発電効率のよい設備に取り替え，発電電力量の増加を図っている。

例えば，黒部川水系の黒部川第二発電所（以下，「黒二発電所」）では水車および発電機の取替を行うことで，最大出力を 3.8% 増加させ，年間 6,360 t の CO₂ 排出量の削減が可能であり，また市荒川発電所や三尾発電所では，それぞれ 4.4%，4.8% 最大出力を増加させ，両発電所合計で年間 4,770 t の CO₂ 排出量の削減が可能となる。

これらの設備更新を今後 10 年間で進めていくことで，年間約 1 億 kWh の電力量の増加が期待でき，これは年間約 2.7 万 t の CO₂ 排出量削減に匹敵する。

③既設設備の改良による使用水量の増加と発電支障の低減

《設備の効率的な利用を活かした新規地点開発》

表—2 に示す，新黒蘂第二発電所の新設計画は，既設黒蘂第二発電所の取水口や水圧鉄管などを流用し，導水路の一部を改造することで使用水量を増加させ，増分水量を利用し発電を行うものである。

既設黒蘂第二発電所水圧鉄管の途中で分岐し，既設発電所の上流側に隣接して，新黒蘂第二発電所の水圧鉄管，発電所および放水路を新設。最大出力は 1,900 kW であり，年間の発電電力量は約 1,200 万 kWh と見込んでいる。年間の CO₂ 排出量の削減は約 3,600 t になるものと期待されている。

表—2 新黒蘂第二発電所の概要

所在地	富山県黒部市宇奈月町
水系・河川名	黒部川水系 黒蘂川
発電所形式	流れ込み式
最大出力	1,900 kW（1 基）
発電電力量	約 1,200 万 kWh/ 年
最大使用水量	1.70 m ³ /s
有効落差	143.39 m
CO ₂ 削減量	約 3,600 t/ 年

《河床上昇対策による発電支障の低減》

黒部川中流部の猫又地区は，平成 7 年 7 月の水害で約 660 万 m³ もの土砂が堆積した結果，河床が 10 m 上昇するなどし発電所が冠水して大きな被害を受け



図一3 猫又地区放水路トンネル付替工事他平面図

た。復旧後も堆砂進行により猫又地区に位置する放水口が頻繁に埋没しており、発電支障が発生していた。そこで、放水口付近の河床上昇への対策として、図一3に示す放水路トンネルの付替え工事を実施している。

新黒部川第二発電所（以下、「新黒二発電所」）は、放水口埋没に伴う発電停止のほか、河川水位上昇に伴う負荷遮断時の浸水防止のための出力抑制や水系運用に伴う他発電所への影響も加味すると多大な発電支障（溢水電力量）が発生しているため、放水口を出水や土砂の影響を受けない下流の出し平ダム湛水池内に移設することとし、放水路トンネルを付け替えることに決定した。また併せて、下流に位置する黒二発電所の護岸を嵩上げし、対岸の事業所に対しては防水壁を設置し、各施設の浸水を防ぐ計画としている。

新黒二発電所の放水路付替え工事は既設放水路の途中から、直径4mの馬蹄形放水路を1,398m新設して出し平ダムの湛水池まで延長する。また、黒二発電所と対岸の事業所への浸水対策としては、現河床高から平成7年水害相当の洪水を想定して発電所護岸や対岸の防水壁の高さを決定した。その結果、発電所護岸は高さ5.9m、延長130mの護岸の嵩上げを実施し、防水壁は高さ4.0m、延長440mの壁を築造して黒二発電所および対岸の事業所を防護する。

新黒二発電所放水路トンネル付替工事は平成21年9月に着工し、坑外設備や事務所・宿舍設備の設置を行い、平成22年5月に新黒二発電所の機器搬入路の途中から分岐する横坑を、同年10月に本坑の掘削を開始した。平成24年12月末時点において、9割弱の工事進捗状況である。

上記の黒二発電所および新黒二発電所における放水設備の構造を改良することで、年間約8,090万kWhの発電電力量の増加とCO₂排出量を約2.2万t削減することが見込まれている。

以上、これまで示した発電電力量の増加対策を順次

進めていくことで、今後約10年間に於いて、年間の発電電力量は約2億kWh増加し、CO₂排出量では約5.5万t削減できる。

(2) 揚水発電所における可变速化工事の推進による火力発電の代替

奥多々良木発電所（兵庫県朝来市）1・2号機では、発電機を定速機から可变速機へ改修する工事を進めている。これは、太陽光や風力のように出力が不安定な再生可能エネルギーの増加を見越し、電力の安定供給を目的に実施している。この改修により、発電運転時の水車効率向上による発電電力量の増加だけでなく、揚水運転時も電力系統の周波数調整が可能となり、夜間の周波数調整を担う火力発電所の運転を削減できる。

当社は大河内発電所にも可变速機を導入しており、平成21年度には、これら可变速揚水発電システムの開発・導入に関する取り組みが評価され、「地球温暖化防止環境大臣表彰」を日立製作所と共同で受賞している。

(3) 海外水力エネルギー事業を通じた電力安定供給や地球環境問題への貢献

平成10年頃から、これまで国内水力開発で培ってきた技術の活用などを目的にして、海外における水力発電事業への展開を本格化してきた。当社初の海外水力IPP事業は、平成10年のフィリピン国・サンロケプロジェクトへの参画である。ダム高200mのロックフィルダムを築造し、最大出力345MW、年間発生電力量10億kWhをフィリピン国内へ供給している。このほか、台湾の名間発電所においてもIPP事業へ参画している。現在は、ラオス国ナムニアップ地点、セカタム地点やインドネシア国ラジャマンダラ地点におけるIPP事業の実現に向けて鋭意検討を進めている。

また、ミャンマー国においては同国電力省と水力開発技術支援コンサル業務の委託契約を受託し、有望な水力開発地点の基礎調査や水力開発プロジェクトの技術指導、水力開発局若手技術者への技術移転などの業務を行い、平成13年から約7年間にわたり同国における水力開発事業のサポートをしてきた。近年、同国の民主化に向けた動きが活発化しており、経済産業省のインフラ・システム輸出促進調査事業に関し、ミドルボンロン水力地点の開発可能性調査を実施中である。

一方でIEA水力実施協定AnnexXI（既設水力発電所の更新と増強）においては、日本が議長国となりその責を関西電力が務めることにより、高経年化した水力発電所の対処方法に関して積極的な国際貢献を実施している。

4. おわりに

これまで紹介してきた国内における水力発電所の安定運転および機能向上を進めることで、年間のCO₂排出量を約5.5万t削減し、電気の低炭素化に貢献することができる。

また、海外事業においては、国内事業で培った経営

資源を活用しながら東南アジアを中心に水力開発を推進していくことで、相手国の電力安定供給や地球環境問題に貢献するとともに、得られた知見を国内にフィードバックすることで、国内事業のさらなる強化へ繋がると考えている。

上記取り組みにとどまらず、引き続き地球環境、エネルギー安定供給や経済性の観点を踏まえて、再生可能エネルギーの導入に積極的に取り組み、純国産エネルギーである水力発電を最大限に活用し電気の低炭素化を加速させていく所存である。

JCMA

《参考文献》

- 1) 低炭素社会に向けた水力発電のあり方に関する報告書；(財)新エネルギー財団 新エネルギー産業会議, 2010.3
- 2) 関西電力グループCSRレポート2011；関西電力(株), 2011.9
- 3) 黒部川水系猫又地区における河床上昇対策；数本洋之ほか, 電力土木 No.350 pp.34-37, 2010.11

【筆者紹介】

土居 裕幸（どい ひろゆき）

関西電力(株)

土木建築室 土木建築エンジニアリングセンター

土木保全グループ

課長

橋梁架設工事の積算 ―平成24年度版―

■改訂内容

1. 鋼橋編

- ・横取り設備質量算定式の見直し
- ・製作工労務単価の変更に伴う架設用の製作部材単価改訂
- ・積算例題の見直し

2. PC橋編

- ・二組桁横取り装置設備を追加
- ・プレキャストセグメント主桁組立工の適用範囲拡大
- ・架設支保工工法の供用日数の補正方法の説明図追加 ほか

■ B5判／本編約1,100頁（カラー写真入り）
別冊約120頁 セット

■定価

非会員：8,400円（本体8,000円）
会 員：7,140円（本体6,800円）

※別冊のみの販売はいたしません。

※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。

※送料は会員・非会員とも

沖縄県以外 600円

沖縄県 450円（但し県内に限る）

■発行 平成24年5月

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>

東日本大震災時におけるダムの多面的機能

国土交通省水管理・国土保全局河川環境課流水管理室

国土交通省東北地方整備局河川部

国土交通省関東地方整備局河川部

2011年3月、日本では、東日本大震災という甚大な災害が発生した。この状況下で、地震でも支障なくその機能を維持できた東北地方・関東地方のダムにおいて、きめ細やかな対応により、電力供給、水道供給、洪水調節、避難場所提供といった多面的な機能を果たした。中には、ダムの当初目的にはなかった追加的な機能も発揮するなどして、被災地の復旧の基礎的なインフラとして役割を担ったダムの事例が多くあった。

本稿では、2012年6月、京都で開催された第80回国際大ダム会議年次例会・国際シンポジウムにおいて報告した「東日本大震災時におけるダムの多面的機能」について紹介する。

キーワード：東日本大震災、国土交通省所管ダム、安全性、緊急時対応

1. 東日本大震災時のダム点検結果 ～ダムの安全性に影響を及ぼす変状なし～

国土交通省の直轄・水資源機構ダム、補助ダム及び
利水ダム（法河川に設置された高さ15m以上のダム）
では、ダム基礎部で地震動の最大加速度が25gal以

上を観測した場合又は周辺の気象台発表震度が震度4
以上の場合に、臨時点検を実施することとしている。

2011年3月11日地震発生後、強い揺れを観測した
363ダムについて、各ダム管理者は直ちに点検を行っ
た。これらの点検の結果（図—1）、46ダムで天端舗
装部のクラック、漏水量の一時的な増加などの変状が

- 強い揺れを観測した国交省直轄ダム・補助ダム・利水ダム363ダム*で、臨時点検**を実施。
- 点検の結果、46ダムで、ダム天端のクラックなどの軽微な変状等が見られたが、ダムの安全性に影響を及ぼすような変状は見られなかった。
- なお、漏水が平常時より多い状態で継続したダムや堤体に一部変状が生じたダムについては、貯水位の低下や応急対策を施すことで安全な状態を確保した。

* 2011.3.11 本震に伴う臨時点検実施ダム数（河川区域に設置されたダム（利水専用ダム含む）。なお、全国ダム数は1,377基）

** ダム基礎で25gal以上の地震動を観測又は周辺の気象台発表震度が震度4以上の場合が対象

<臨時点検ダム数と変状報告ダム数>

臨時点検を実施したダム数 ():うち変状報告あり		左記の内訳		
		コンクリートダム	フィルダム	複合型ダム
直轄ダム	46 (11)	31 (6)	10 (3)	5 (2)
補助ダム	104 (8)	81 (6)	22 (2)	1 (0)
利水ダム	213 (27)	107 (7)	101 (19)	5 (1)
計	363 (46)	219 (19)	133 (24)	11(3)

<報告された主な変状事例>

変状の主な内容	コンクリートダム	フィルダム
	・天端クラック ・漏水量の増加	・天端クラック ・堤体の沈下 ・漏水量の増加
備考 (うち特記すべき変状事例)	特になし	○ロックフィルダム →特になし ○傾斜コア型アースフィルダム(利水ダム) →堤体下流面すべり ○アスファルト表面遮水型ダム(利水ダム) →堤体遮水層クラック

図—1 東北地方太平洋沖地震時のダムの点検結果

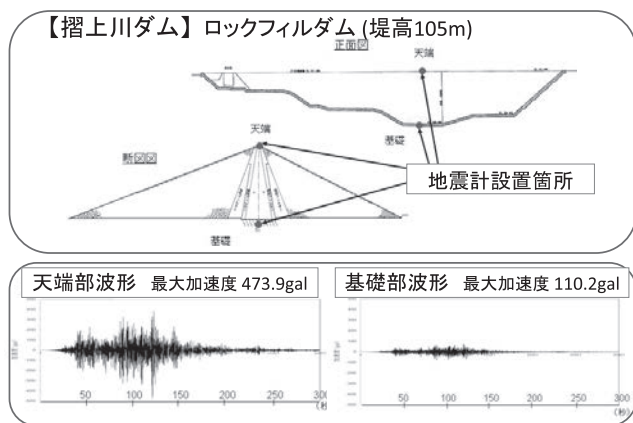


図-2 地震時(2011.3.11)の最大加速度(摺上川ダム)

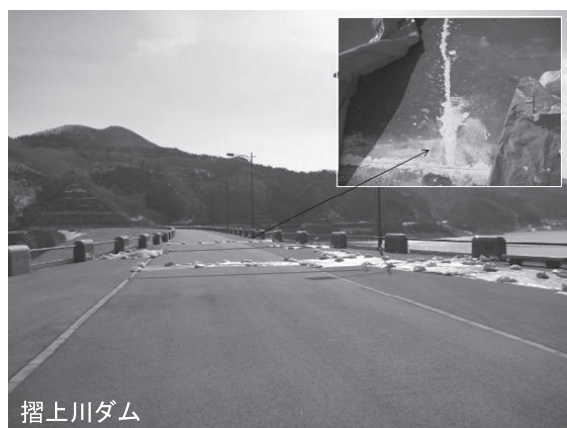


写真-1 ダム天端舗装の小規模なクラックと応急対策

見られたが、ダムの安全性に影響を及ぼすような変状は見られなかった。このため、地震後も、支障なくその機能を維持することができた。

例えば、東北地方整備局が管理する「摺上川(すりかみがわ)ダム」では、ダムの基礎部と天端部に地震計を設置しており、天端部では473 gal(基礎部では110 gal)という大きい最大加速度を記録した(図-2)。ダムの天端舗装に小規模なクラックが発生したが、軽微なものであり、ダムの安全性に支障はなかった。写真-1は、応急対策としてブルーシートで覆った状況であり、白く見えるのはクラックの深さ調査のため石灰を注入したものである。

2. 東日本大震災時におけるダムの多面的機能

(1) ダム操作の工夫による増電

東日本大震災では、地震及び津波により発電所施設等が被災し、地震直後から電力需給が逼迫したため、ダムによる水力発電の能力を最大限活用することが要請された。このため、水力発電の効率を上げるダム操作に取り組んだ事例である。

例えば、東北地方整備局が管理する「鳴子(なるこ)

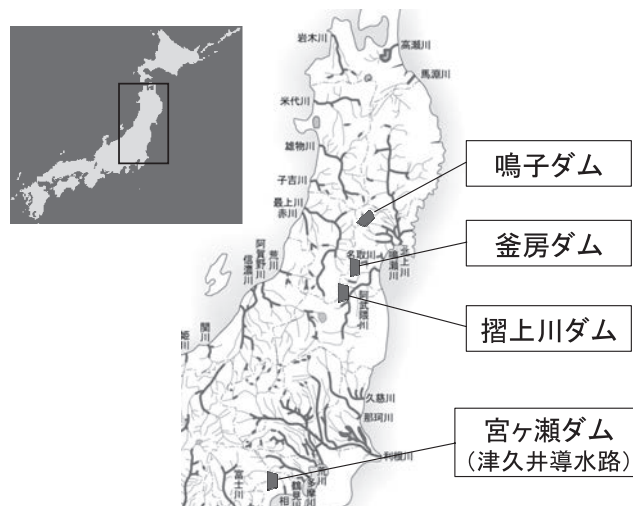


図-3 事例のダム位置図

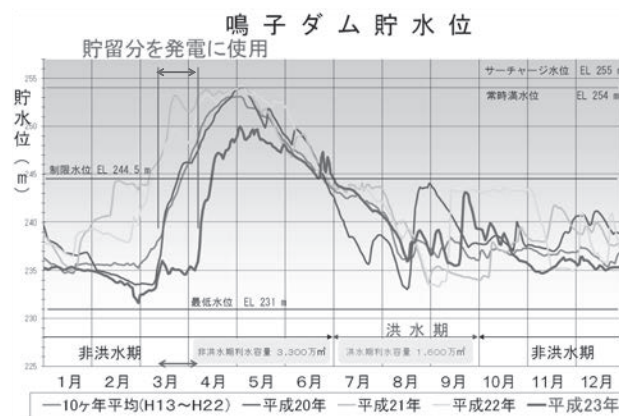


図-4 ダム操作の工夫による増電(鳴子ダム)

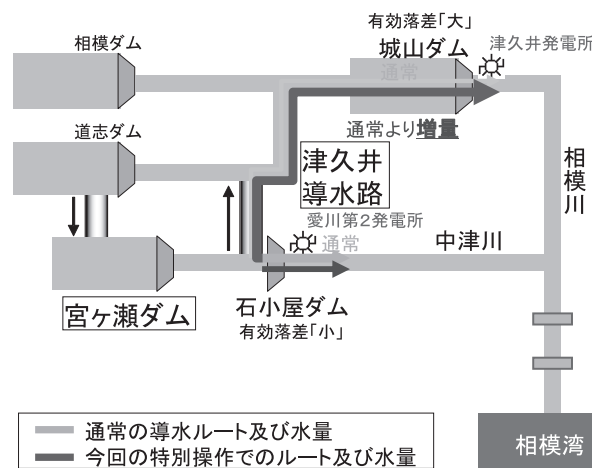


図-5 ダム操作の工夫による増電(宮ヶ瀬ダム・津久井導水路)

ダム」(図-3)では、例年、3月から4月にかけて、水田へのかんがい用水のため、発電を抑えてダム貯水量を増やす操作を行っている。しかし、震災直後の3月中旬から4月初旬にかけて、ダムに貯留する水の量を一時的に発電に優先的に使用して増電し、地域への電力供給に貢献した(図-4)。このダム操作の実施にあたっては、ダム上流域の積雪量から融雪量をきめ

細かに予測しながら、ダムに効率よく貯留できるよう工夫するなどして対応した。

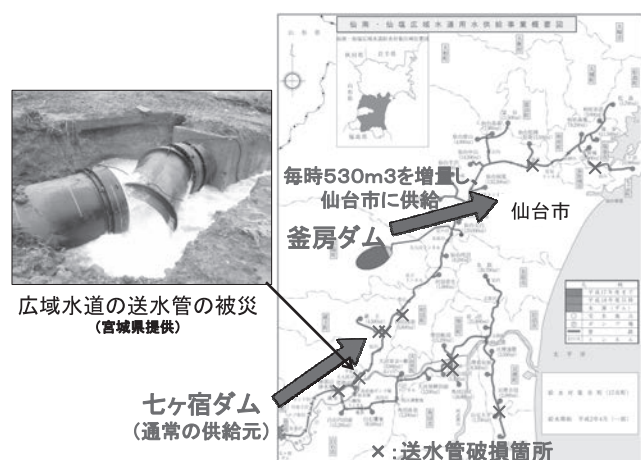
関東地方整備局が管理する「宮ヶ瀬（みやがせ）ダム」では、ダムに貯留された水は、平常時、すぐ下流の石小屋（いしごや）ダムを経由して中津川に多くの水量を流している。しかし、地震直後は、津久井（つくい）導水路を使って、石小屋ダムよりも落差が大きく発電効率の高い城山ダムに優先的に導水して放流量を増量し、トータルの発電量を増やした（図—5）。3月中旬から下旬までの5日間で、約8.5万kWhの増電となった。

これらの事例をはじめ、国土交通省が管理する約20のダムで、ダム操作の工夫により増電に貢献した。

(2) 被災地域への水道供給のための水源振替

ダムを水源とする水道用水の送水管が損傷して送水不能になったため、別のダムに水源を振り替えることにより、被災地域への水道供給を確保した事例である。

東北地方整備局が管理する「七ヶ宿（しちかしゆく）ダム」は、仙台市を含む7市10町へ供給する広域水道用水としての水資源を確保している。地震によって、仙台市に水道用水を送っている宮城県仙南・仙塩広域水道の送水管が損傷し、仙台市への送水が停止状態となった。このため、代替措置として、急遽、同整備局が管理する「釜房（かまふさ）ダム」からの取水を毎時530m³増量し、ダムのきめ細やかな管理を行うことで、被災地域への貴重な水道供給を確保した（図—6）。なお、この手続きを進めるにあたっては、宮城県仙南・仙塩広域水道、仙台市水道、名取土地改良区等の釜房ダム利水調整会議メンバーと調整を行った。



図—6 被災地域への水道供給のための水源振替（釜房ダム）

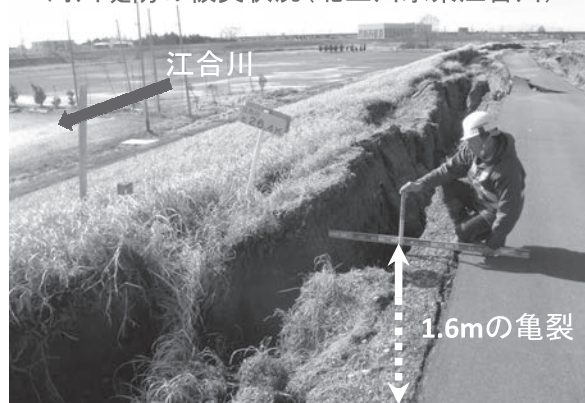
(3) 下流河川の被災状況を踏まえたダムによる洪水調節

被災した河川堤防の状況を踏まえ、上流ダムでの洪水調節方法を工夫することにより、下流河川の洪水量の低減対策を講じた事例である。

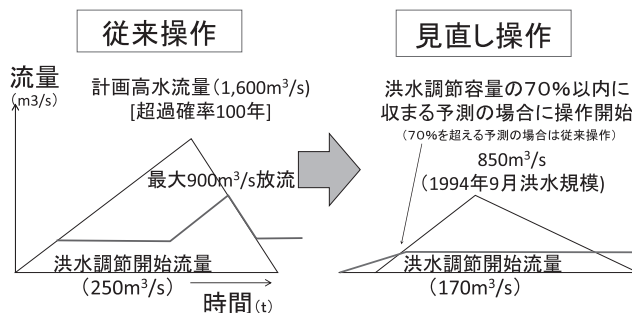
地震または地震に伴う津波により、東北地方の河川を中心に、多くの箇所では堤防の大規模な亀裂や沈下等の被害が発生した。北上川水系の江合川及び旧北上川では、249箇所では堤防が被災し、洪水を安全に流下させる能力が低下した（写真—2）。このような下流河川の被災状況を踏まえ、江合川の上流に位置する「鳴子ダム」では、洪水時における下流地域の安全確保に資するよう、洪水調節の操作方法の見直しを行った（図—7）。

具体的には、ダム流入量や河川水位の予測に基づいて、利水者に確認の上、洪水が来る前に洪水貯留準備操作（事前放流）を行い、洪水調節のための空き容量を増加させることとした。また、従来はダムへの流入量が毎秒250m³になると洪水調節を開始していたが、洪水調節容量の7割以内に収まることが予測で確認されれば、毎秒170m³の流量から洪水調節を開始することとした。

河川堤防の被災状況（北上川水系江合川）



写真—2 下流河川の被災状況



図—7 下流河川の被災を踏まえたダムの洪水調節（鳴子ダム）



図一8 ダム管理所を地域の避難場所として開放（摺上川ダム）

(4) ダム管理所を地域住民の避難場所として開放

地震直後、約120名のダム周辺住民の方々に、ダム管理所の建物を避難場所として提供することができた事例である。

摺上川ダムの周辺地域では、地震直後から電力供給がストップし、停電は51時間に及んだ。しかしながら、摺上川ダムでは、ダム管理用の水力発電の設備を有していたことから、自ら電力を確保することができた。このため、周辺地域が停電の中でも、ダム操作に必要な電力はもちろんのこと、照明、テレビやラジオ情報、暖房の稼働も可能であったことから、ダム管理所を住民の避難場所として貢献できた（図一8）。

3. 国際大ダム会議京都大会での質疑

2012年6月「第80回国際大ダム会議年次例会・国際シンポジウム」での本報告に関する質疑応答（質問者は海外からの参加者）の様子を紹介する。発表会場では、特に、日本における地震後のダムの点検の迅速さに対し、高い関心が寄せられた。

〈質問〉地震後のダムの点検は、どれぐらいの時間で実施しているのか。

〈回答〉地震が発生してから、概ね3時間以内に目視による外観点検を実施し、概ね24時間以内に詳細な外観点検と計測による点検を終えるようにしている。

〈質問〉東日本大震災で、変状が確認され貯水位を低下させたケースはあったか。

〈回答〉国や都道府県の多目的ダムでは、貯水位の低下が必要になるケースはなかった。一部の利水ダムでは、貯水位を低下させて安全な状態を確保したケースがあった。

4. おわりに

ダムというインフラが存在したことにより、そのきめ細やかな対応によって、大震災という緊急時に多面的な貢献を果たすことができた。今次の震災でダムに関して得た経験や教訓を踏まえ、今後さらに、各ダムの管理に際して、日頃から緊急時の対応の可能性検討や準備・強化を図っていくことが重要である。

特殊エジェクターを用いたダム堆砂の移動システム

特殊エジェクター工法〈礫送（れきぞう）〉

天明敏行・山上裕也・角哲也

ダム貯水池の堆砂対策として貯水池内外で土砂を移動させる技術は重要である。ここでは、礫を含む堆砂土砂を効率的に移動させるために、特殊エジェクターを用いた土砂移動システムの開発を行った。ダム貯水池内で行った試験工事により、水深5m程度の砂礫土砂（最大粒径150～300mm）を35m³/h程度で吸引して400m輸送できること、船上でシステムに直接ホップ投入した砂礫土砂は30m³/hで1,000mまで輸送できることを確認した。さらにエジェクターを水中に設置することで、水深15mの砂質土に対し、400mの距離を70m³/h程度で貯水池内土砂移動できることを確認した。

キーワード：ダム堆砂，土砂移動，特殊エジェクター，砂礫ポンプ，貯水池内移動

1. はじめに

堆砂対策において土砂を移動する方法は多くあるが、ポンプで吸引してそのまま輸送・排出する方法は、グラブ船と土運搬船を用いる方法と比べて連続的に実施できる面で効率的である。浚渫におけるポンプ工法では一般にサンドポンプが用いられるが、高圧のジェット水を利用して負圧を発生させ、土砂を吸引・輸送するエジェクターポンプはダム湖内の砂礫やごみ・沈木などの異物に対する適用性も高く、コンパクトなシステムであることが特徴である¹⁾。ここでは、筆者らが開発を進めている、大型で礫にも対応可能な特殊エジェクターを用いたポンプシステムによるダム堆砂の移動システムの性能試験工事について報告する。

2. 特殊エジェクターを用いた土砂移動システム

(1) システム概要

特殊エジェクターシステムは土砂の吸引を行う浚渫台船（ホップ工法の場合は船上で土砂を供給するポンプ台船）と土砂の排出を行う撒布台船（陸上に土砂を揚げる場合は不要）、これらを結ぶ土砂輸送管から構成される。

ここでは土砂を移動する場所により、吸引工法（水中から陸上へ移動）、ホップ工法（船上から水中へ移動）、貯水池内移動工法（水中から水中へ移動）に分けそれぞれについて実施した試験工事について述べ

る。いずれの工法においても土砂を輸送する輸送管は直径φ400mmの鋼管をフロータで水面に浮かべて設置した。

浚渫台船、撒布台船は共に電動ウインチが設置しており、張ったワイヤーを操作して移動することができる構造とした。

(2) 浚渫台船（ポンプ台船）

浚渫台船には、特殊エジェクターのほか、超高压ポンプ、スクリー破碎機付きのロングアームバックホウもしくはテレスコピック式掘削機、空気圧縮機などを艀装している（写真—1）。ホップ工法では、船上に設置したホップに陸送した砂礫土砂を供給し、エジェクターシステムを用いて水中へ投入する。このため、ホップ工法のポンプ台船ではスクリー破碎機の代わりに土砂の受入れホップを設置している（写真—2）。



写真—1 浚渫台船



写真—2 ポンプ台船

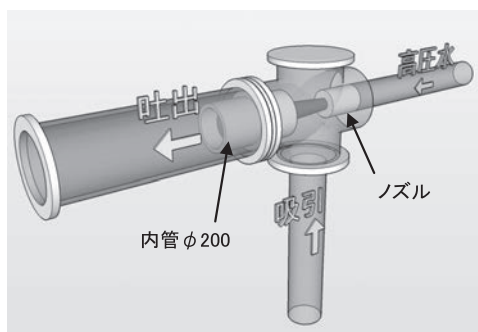


写真—4 超高圧ポンプ

(3) 特殊エジェクター

エジェクターとはノズルから高圧水を噴出させ、そのエネルギーによって他の流体を吸引搬送するものである。流体通過経路にインペラー等の回転部をもたないシンプルな構造であり、詰まりにくいことや管理が容易といった利点を有する。

本試験工事で使用したポンプは特殊エジェクター（図—1）を利用しており、これまでにない大口径の内管（ $\phi 200$ mm）を用いた点やノズル部に少量の空気を導入する点などが通常のエジェクターと異なる。特殊エジェクターの外観を写真—3に示す。



図—1 特殊エジェクターのイメージ



写真—3 特殊エジェクターの外観

超高圧ポンプは、1,800回転/minで揚程1.5 MPa、流量 $5 \text{ m}^3/\text{min}$ の送水が可能である。これに350 kW

相当の大型トラック用エンジンを動力として取付けて組立てた（写真—4）。

なお、貯水池内移動工法の試験工事では揚程1.5 MPaを能力向上して揚程1.95 MPaの超高圧ポンプを使用した。

(4) スクリュー破砕機

吸引工法や貯水池内移動工法を行う際は、吸引管の先端に砂礫土砂を効率的に吸引するためのスクリー破砕機を設置した。スクリー破砕機はスクリーの軸が円錐形になっており、取込んだ石を軸と筒の間で破砕する構造になっている。最大直径300 mm程度までの玉石を取込むことが可能であるが、全ての石を破砕することは困難であるため、破砕できない石は直ちに逆回転で排出できる構造になっている（写真—5）。



写真—5 スクリュー破砕機



写真—6 撒布台船

(5) 撒布台船

貯水池内に土砂を排出するための撒布台船では排砂管の先端部にサイクロンと呼ばれる減勢器を設置した。また、濁水の発生を抑制するため、汚濁防止膜を二重に設置した（写真—6、図—2）。

3. 試験工事の結果

(1) 堆砂の粒度

吸引工法で使用した土砂とホッパ工法で移動した土砂は同じ河川内のものであり、粒度は同様であるが、ホッパ工法ではスクリー破碎機を通さないために粒径 150 mm 以上の大きな礫が含まれていると閉塞する懸念があった。このため、予めふるいを用いて「粒径 150 mm」、「粒径 100 mm」の 2 種類に分級した。同時に濁水の発生を抑制するための洗浄を行った。

貯水池内移動工法で使用した堆積土砂も同じ河川内ではあるが、概ね最大粒径 2 mm の砂質土であった。また、吸引工法と貯水池内移動工法で対象とした堆砂には転石や木片、ごみなども多く混ざっていた。

(2) 吸引工法による吸引・輸送性能

水深 4～9 m、輸送距離 200～400 m で吸引工法の試験を実施した。特殊エジェクターシステムで堆砂を吸引し、陸上に設置した水槽に土砂と水を排出して土砂の吸引・輸送性能を測定した。超高圧ポンプ 2 台使用時のポンプ圧力は 1.40～1.55 MPa であり、その流量は 10～11 m³/min であった。また、輸送管始点の圧力は 0.08～0.18 MPa であり、吸引流量は 7.9～12.0 m³/min であった。土砂の吸引・輸送量は水深が深くなるに従い減少する傾向であったが、水深約 5 m での時間当たりの土砂移動量は平均で 35 m³/h 程度であった。水深が深い場合には、吸引管が長くなって閉塞が発生しやすくなることが課題であり、水中にエジェクター本体を設置して、吸引管を短くすることによって改善されることがわかった。

吸引試験での吸引物の例を写真—7 に示す。最大粒径は 200 mm、長さ 500 mm 程度の沈木や自動車の



写真—7 吸引された石や異物

タイヤのような異物まで吸引・輸送されていた。

(3) ホッパ工法による輸送性能

陸揚げした堆砂を貯水池内の有効貯水量を貯水する以外の場所に投入する場合や、貯水池の底質を改善する目的で土砂を投入する場合には貯水池内に土砂を撒布するシステムが必要となる。このため、特殊エジェクターシステムを用いて、ホッパ工法で土砂を輸送・撒布する試験工事を実施した。

ホッパ工法では分級・洗浄した土砂を陸送し、バックホウで台船上のホッパに投入してベルコンで特殊エジェクターへ定量供給する方法とした。砂礫を長距離輸送する場合には排砂管に空気を混入し、水と土砂・空気の 3 層流として輸送すると効率がよいことから、本試験施工では特殊エジェクターの先に空気挿入管を設置し、コンプレッサーを用いて空気の注入を行った²⁾。

超高圧ポンプの流量は 8～11 m³/min であり、輸送距離別の最大輸送量は 600 m で約 50 m³/h、1,000 m で約 30 m³/h であった。

(4) 貯水池内移動工法による吸引・輸送性能

近年、総合土砂管理の観点から、洪水時にダムゲートを積極的に操作して貯水池から排砂を行う堆砂対策が増加しているが、初めてのゲート操作時には、長年にわたって堆積した土砂が急激に排出されることに伴う高濃度の濁水の発生などが懸念される。そこで、これを軽減させるための補助工法として、貯水池内の土砂を予め移動させて緩やかな土砂排出を誘導するために、特殊エジェクターシステムを用いて土砂を吸引・輸送して河床整形を行う試験工事を実施した³⁾。

先述のように、特殊エジェクター工法では、吸引管が長くなると閉塞を起こしやすいことから、水深が深くなる場合の閉塞防止対策として、エジェクターを水中に設置して吸引管を短くできる構造とした。さらに掘削深度に合わせてエジェクターの設置深度を変えられるように昇降設備を設ける工夫を行った（図—2）。また貯水池内移動時の輸送距離は約 400 m とした。

移動土砂量は浚渫実時間 48.4 h に対し、浚渫土量が 3,572 m³ であったことから約 70 m³/h であった。

試験工事では土砂排出部での濁水の拡散を抑制する目的で天然凝集材を用いた。凝集材はノズル先端部から添加可能な方法を採用した。ノズルから噴射されるジェット水の流速は毎秒 50 m 以上となり、凝集材の攪拌効果を高めた。河床の地形が平坦でない箇所での試験であり、発電の影響で流れがあったが概ね濁水は汚濁防止膜の内側に留まった。また、天然凝集材の効

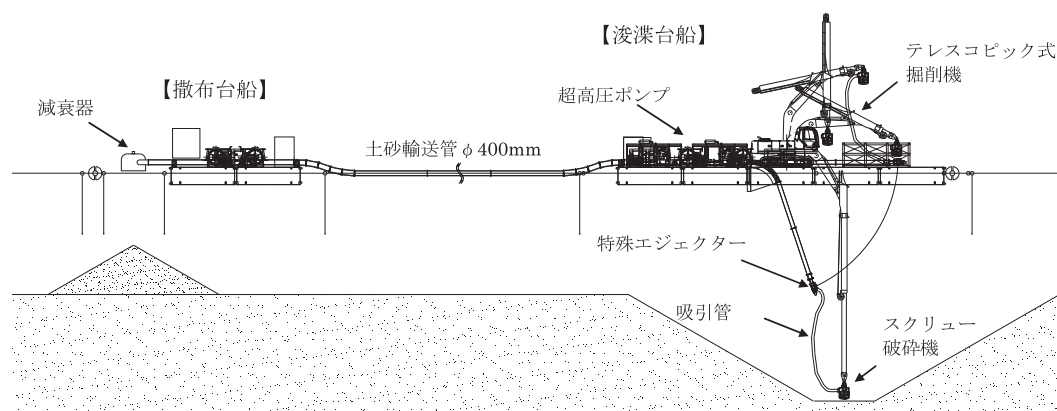


図-2 台船、配管の配置断面図

果で試験工事の翌日は汚濁防止膜の中の濁度は低下していることを確認した（写真—8）。



写真—8 貯水池内移動工法による試験工事

4. おわりに

特殊エジェクターを用いたダム貯水池内の砂礫を対象とした堆砂土砂の吸引・輸送試験の結果、水深4～6m程度であれば、 $35\text{ m}^3/\text{h}$ 程度の吸引が可能であることが確認できた。輸送試験では、最大粒径が150mm程度の砂礫土砂に対する試験工事の結果、直径400mmの輸送管を用いた場合、配管延長600mで約 $50\text{ m}^3/\text{h}$ 、1,000mで約 $30\text{ m}^3/\text{h}$ の輸送能力があることを確認した。また、貯水池内の土砂移動工法においては、 $70\text{ m}^3/\text{h}$ 程度の土砂輸送能力と天然凝集材や汚濁防止膜による濁水の制御対策についてその有効性を確認することができた。

ダムの堆砂対策は貯水池の持続的管理の基本である。その場合の課題として、貯水池上流部に堆積した粗粒土砂は、洪水時の貯水池運用を大きく変化させない限り、自然の流水の力だけでは貯水池内を移動させることは困難であり、近年開発が進む土砂吸引システムやダムゲート本体から土砂排出する場合のネックとなっている。

本稿で紹介したダム堆砂の土砂移動システムは、水中に堆積した土砂を貯水池運用に大きく制約を与えずに効果的に採取・輸送することで、ダム貯水池の堆砂対策として有効であるとともに、採取した土砂をダム下流河川に供給することで河川環境改善にも資する工法として今後の発展が期待される。

J C M A

《参考文献》

- 1) 中村雄二, 山下徳次郎, 加来陸宏, 山上裕也, 黒木修身, 角 哲也, 岡部俊男, 天明敏行, 「特殊エジェクターを用いたダム貯水池の堆砂移動工法」, 土木学会土木建設技術発表会, pp.226-232, 2011.11
- 2) 黒木修身, 山上裕也, 角 哲也, 天明敏行, 「エジェクターポンプにおける空気圧送の効果」, 土木学会, 第65回年次学術講演会講演概要集, II-071, 2011.9
- 3) Yamagami, Y., Kaku, M., Asazaki, K., Tashiro, Y., Yamashita, T., Nishida, K., Oshikawa, J., Nonaka, K., Kodama, H., Su-gio, S., 2012. Approaches for Integrated Sediment Flow Management at Dams in the Mimikawa River Basin, Inter-national Symposium on Dams for a Challenging World, ICOLD Kyoto, June 2012

【筆者紹介】

天明 敏行（てんみょう としゆき）
ハザマ
土木事業本部



山上 裕也（やまがみ ゆうや）
九州電力㈱
耳川水力整備事務所



角 哲也（すみ てつや）
京都大学防災研究所



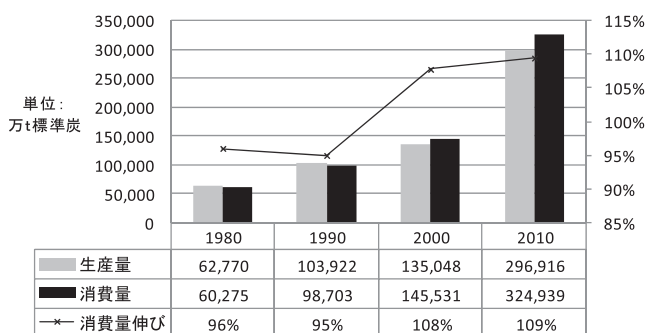
中国のダム建設と水力発電

小川 範之

近年発展著しい中国において、エネルギー生産が需給を賄いきれず、需給は慢性的に逼迫している状況にある（図－1）。しかし、2012年12月10日付け人民日報の報道に、水力発電、風力発電の設備容量が共に世界一になったとあるように、その経済成長に合わせ、エネルギー全般への投資は積極的である。さらには水力、風力、太陽光などいわゆる再生可能エネルギーへの設備投資にも積極的である。本稿では、その中でも水力発電についてダム建設事情とそこで使用されるコンクリートバイブレータを合わせて紹介する。

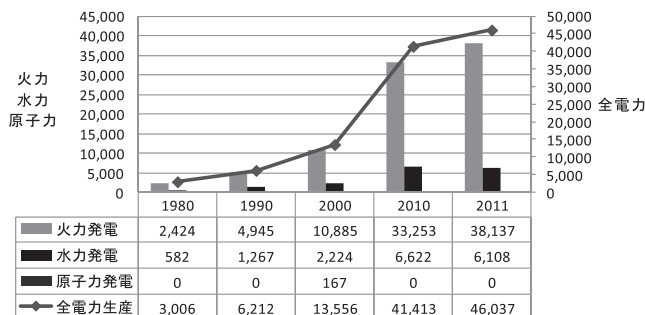
キーワード：中国、ダム、バイブレータ、マスコン、ダム打設、電力生産量

中国におけるエネルギー生産量と消費量の推移



図－1 中国におけるエネルギー需給状況

単位：億kWh



*原子力発電で「0」とあるのは、データがないため

図－2 電力生産量の推移

1. はじめに

1978年に計画経済から市場経済に移行した中国では、1992年から1996年と2003年から2007年のそれぞれ5年間に毎年GDP成長率で2桁の成長を続けた。リーマンショックの影響で2008年度は前年の14%台から9%台に急降下したものの、4兆元（約56兆円）に上るインフラ整備や下郷政策^{*1}などの景気対策により、2010年度には10%台を回復した。その後、2012年度に8%を下回ったとはいえ依然として高い成長率を誇っている。

このような状況において中国の電力生産量は、図－2の様に推移しており、年間発電量ベースで2011年時点において年間4兆6千億kWhを達成した。1980年から2000年の20年間で約1兆kWh増加したのに

対し、2001年以降10年間でその3倍にあたる約3兆kWh増加していることからこの10年の成長が窺い知れる。

この中で、水力発電量は6,108億kWhであり、水力発電の占有率は13.2%となっている。日本の水力発電量907億kWh（占有率8%、2010年度）に対して約7倍の発電量であるが、2010年時点での日本は、原子力発電など多様化が計られているため水力発電への依存度は低下している。

2. 中国のダム建設計画

近代化の波につれてダムの建設も規模を増大してきたが、リーマンショック後のここ数年は、大型景気対策の反動と欧州危機の影響もあり、投資を抑えるような局面も見られた。

しかし新しい政権下において、2013年度以降は鉄

脚注1 下郷政策：中国政府が実施した経済政策の一つで、農村部への家電や自動車の普及を目的とした政策である。

道や道路などと共に更なるインフラ整備に対する投資が計画されている。

(1) 中国十三大水力発電基地計画

中国の水力発電計画においては、全国 13 の地区を重点開発地域に指定し、それぞれでダム建設が進められている（表—1）。総事業費 2 兆元（30 兆円）以上、プロジェクト期限 1989 年から 2050 年までとされる。1 年当たりの事業費は 5,000 億円で、日本の八ツ場ダムの総事業費が 4,600 億円とされているので毎年八ツ場ダムと同じ規模のダムが作られてゆく計算になる。

中国は 1953 年から当時のソビエト連邦に倣い五カ年計画を導入し、現在は第 12 次五カ年計画（2011 ～ 2015 年）となっており、この第 12 次五カ年計画においての水力発電計画は、これら 13 地域の中から特に西部の金沙江（ジンサージャン、長江上流）、雅礕江

（ヤーロンジャン、金沙江支流）、大渡河（ダードゥフー、雅礕江東部）地域を重点プロジェクトに指定し、予定されているダムの建設を推進し、水力発電設備全体の容量を 2 億 1,600 万 kW（2011 年度）から 3 億 3,600 万 kW（2015 年度）と 1.5 倍にする計画となっている。また、中国では『西電東送』と言われるように水力発電基地が西部地区に多いため、経済活動が活発な東部地区への送電事業も合わせてインフラ整備の大きな柱になっている。

(2) 重点プロジェクト

前述した重点プロジェクトに指定された 3 地域では既設、建設中あるいは計画段階のプロジェクトを含めて大小 51 ものダムがある。主だったプロジェクトは表—2 に示す。

いずれも大型ダムが多く、重点開発地域たる所以が

表—1 中国水力発電重点開発地域

中国十三大水力発電基地計画

		発電ユニット容量	年間発電量	備考
1	金沙江	6,338 万 kW	—	
2	長江上流	2,542 万 kW	1,275 億 kWh	三峡ダム
3	雅礕江	2,265 万 kW	1,360 億 kWh	
4	大渡河	2,348 万 kW	922 億 kWh	
5	瀾滄江干流	2,137 万 kW	1,094 億 kWh	
6	怒江	2,132 万 kW	1,030 億 kWh	
7	閩、浙、贛	1,680 万 kW	—	
8	黄河上流	1,415 万 kW	508 億 kWh	
9	南盤江、紅水河	1,252 万 kW	504 億 kWh	
10	東北	1,131 万 kW	309 億 kWh	
11	烏江	921 万 kW	418 億 kWh	
12	湘西	661 万 kW	266 億 kWh	
13	黄河中流	609 万 kW	193 億 kWh	

表—2 第 12 次五カ年計画重点プロジェクト

地域	ダムプロジェクト	発電ユニット総容量	ユニット単体容量×台数	年間発電量
金沙江	溪落渡ダム	1,386 万 kW	77 万 kW × 18 台	571.2 億 kWh
	白鶴灘ダム	1,200 万 kW	75 万 kW × 16 台	515 億 kWh
	烏東徳ダム	870 万 kW	72.5 万 kW × 12 台	387 億 kWh
	向家壩ダム	640 万 kW	80 万 kW × 8 台	307.47 億 kWh
雅礕江	錦屏ダム	840 万 kW	60 万 kW × 14 台	416.4 億 kWh
	両河口ダム	300 万 kW	50 万 kW × 6 台	110.62 億 kWh
	愣古ダム	264 万 kW	—	117.8 億 kWh
	官地ダム	240 万 kW	60 万 kW × 4 台	118.7 億 kWh
大渡河	大岡山ダム	260 万 kW	65 万 kW × 4 台	114.5 億 kWh
	長河壩ダム	260 万 kW	65 万 kW × 4 台	108 億 kWh
	双江口ダム	200 万 kW	—	83.41 億 kWh
参考	南相木／上野ダム (神流川発電所、日本最大)	282 万 kW	47 万 kW × 6 台	—

わかる。この3地域は四川省または雲南省に位置し、両省はダム建設の要所となっている。また『金沙江』は長江上流発電基地よりも更に上流域で、三峡ダムから約千 km 上流に位置する。川幅も広く水量が多いため、発電設備容量が1,200 万 kW を超える大型ダムが2基も計画あるいは建設中である。雅礮江は金沙江の支流で、堤高（ダム本体の高さ）が高いダムが多い。錦屏ダム 305 m（完成すれば堤高世界一）、両河口 293 m など。大渡河は雅礮江の東に位置する河で、こちらも既に開発が進んでいる。

これらの重点プロジェクトに指定されたダムのほとんどは2015 年完成運用開始が予定されているが、実際にはこれから本体工事が始まるダムもあり、完成は2020 年と見込まれる。

3. 中国のダムの紹介

ここで数あるダムの中から、後述する当社バイバック（以下「本装置」という）が打設に使用された、特徴的な3ダムを抜粋して紹介する。

①三峡ダム

中部の湖北省に位置し、長江を遮るダムで、高さ185 m 幅 2.3 km に及ぶ大型ダムである。1993 年に着工され、2009 年に完成し、2012 年7月によりやく水力発電がフル稼働となった。年間発電量は1,000 億 kWh で世界一の発電量を誇り、中国国内の水力発電全体の16%を占め、同じく全発電量の2%に上る。コンクリート使用量は2,700 万 m³ に上る。建設開始に当たり技術交流会を開催した折、当社現社長のみが別室に呼ばれ「ハヤシのこの装置で締め固めたダム堤体は、米軍からトマホークミサイルを打ち込まれても耐えるか？」と真顔で聞かれたことは、今だから話せる裏話であるが、ダムは国家の重要戦略拠点であるという発想が、この話からも伺える。米国を見ても、観光地となったフーバーダムにおいてすら、象徴的に星条旗の下にライフル銃を持った兵士2名が24時間立哨を続けている姿が見られる。

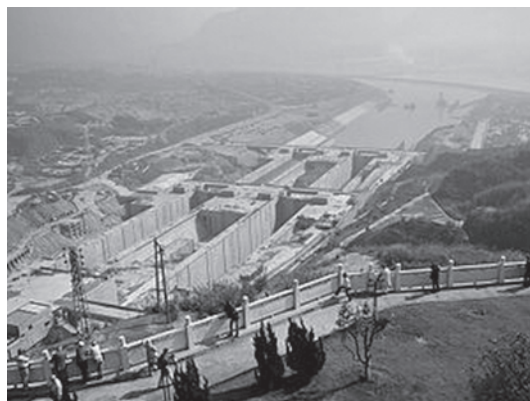
長江流域は大型船などの往来も活発なため左岸にはパナマ運河にあるのと同じ階段式の船舶用通路も設けられている（写真—1, 2）。

②溪落渡ダム

雲南省と四川省の境に位置し、金沙江に現在建設中。完成すれば発電容量が1,386 万 kW、年間発電量571.2 億 kWh と発電計画が大きい金沙江地域において最も大きなダムになる。高さ278 m、幅698 m。右岸、左岸に発電ユニットを埋設する設計で、そのスペースは、



写真—1 三峡ダムの全景

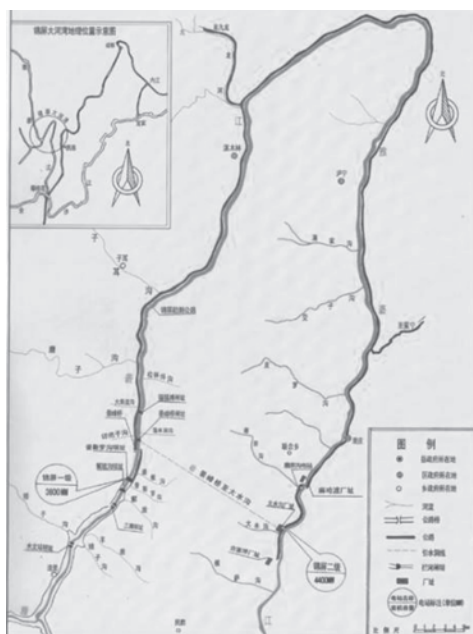


写真—2 三峡ダムの船舶用通路

幅40 m、高さ70 m、奥行き400 m。またダムサイトは永善県の街に隣接しており、街には土木工学などが学べる大学も新たに建設されている。

③錦屏ダム

四川省に位置し、雅礮江に建設中。第1と第2ダムの2つのダムで構成され、第1ダムは完成すると堤高（高さ）が305 m となり、既存あるいは建設中のダム



図—3 雅礮江



写真-3 コンクリート打設風景

の中では世界一の高さになる。ちなみに日本で一番堤高が高いダムは黒部第四ダムの186 mである。錦屏第1ダムはその高さを利用して発電効率が上げられている。第2ダムは雅砻江がヘアピンカーブしているのを利用し、第1ダムとは反対側の下流域に設けられている。そこまでの水の運搬はバイパス水路を経由して送られる（図-3、写真-3）。

4. バイブレータの紹介

ダム堤体打設用のバイブレータとしては、以下の2種類がある。

- ・「本装置」：エクスカベータ（バックホー）のブーム先端に専用バイブレータを取り付けたフレーム（以



写真-4 「本装置」外観

- 下フロントアッセン）を装着するタイプ（写真-4）
- ・手持ち式：人力で打設。

(1) 「本装置」

固練りマスコンクリート打設作業の省人力化と効率的な連続作業を目的に、それまで人力によりバイブレータを操作していたものからエクスカベータにフロントアッセンを取り付け、オペレーター一人で1本から最大8本までの複数のバイブレータを操作できるようになった（表-3）。

表-3 「本装置」導入に伴う人員削減

必要作業員比較 単位：人

	「本装置」	手持ち式
「本装置」オペレータ	1	—
手持ち式作業員	4	16
信号員	2	2
補助員	2	2
合計	9	20

*打設 150 m³/h, 2交代, 「本装置」6本付き1台使用したケース

ベースマシンは取り付けるバイブレータの本数によって7tタイプ、13tタイプが選択される。

現在、世界でこの種の機械を生産できる企業は日本の当社とヨーロッパの1社のみである。中国で某国営企業が油圧式バイブレータのコピー品製作を試みたが、とても実用に耐えうる製品とはならなかった。当社が過去40年間にわたり国内大手ゼネコンまた専門打設業者殿等とつちかかってきた現場での作業性を高めるためのノウハウ、工夫の一端を紹介する。

①幅広グローサーシュー

スランプ3 cm程度のフレッシュコンクリート上を沈まずに走行できるように幅広グローサーシューを装着（接地圧を40 kPa以下になるようにするのが望ましい）。

②本体吊り上げフック

打設ブロックへの移動あるいは、作業終了後、所定の保管場所に移動する場合などダム現場では自走ができないケースが多いためクレーン移動となる。そのため専用の吊り上げフックを取り付ける（写真-5）。

③増量カウンターウェイト

フロントアッセンとの重量バランスを確保して作業安全性を増す。

④保管スタンド

「本装置」保管時にフロントアッセンの重量でバイブレータが地面に押し付けられ、防振部分が破損することがある。それを未然に防ぐためにベースマシンの



写真—5 現場遠景

アーム部分に格納式のスタンドを取り付ける。

⑤回転警告灯および走行警告音

「本装置」での打設時、周囲には手持ち式バイブレータなどで作業している者もいるため運転時の警告灯あるいは走行時に警告音が鳴るようにして安全性を高める。

などである。

当初、「本装置」専用バイブレータは電動式であった。エクスカベータに発電機とインバータを搭載し、それらをバイブレータ用の電源として利用していたが、エクスカベータの進化に伴い、バイブレータも電動式から油圧式に変化していった。

バイブレータはコンクリート打設層厚に応じて2種類を生産している（表—4）。

表—4 「本装置」専用油圧バイブレータ仕様

	HIB150H	HIB150HL
適用打設層厚 (mm)	500	750
加振深さ (mm)	600	850
振動部寸法 (mm)	φ 150 × 600	φ 150 × 850
振動有効範囲 (m)	1	
振動数 (Hz)	117 ~ 133	
遠心力 (kN)	13.6 ~ 17.8	
使用圧力 (MPa)	15.7	

HIB150H/HL バイブレータは、小型で強力な油圧モータを採用しており、フレームやベースマシンに対して防振するために二重の防振構造となっている。先端はダクタイル鋳鉄に熱処理を施し、耐摩耗性に優れ岩着時の耐久性も向上しているが、磨耗に応じて先端部は交換可能となっている。

打設能力

上記 HIB150H/HL バイブレータの打設能力は1本当たり 25 m³/h である。

中国の現場で使用されているコンクリートバケット

の容量は9～10 m³で、運搬サイクルは4～5分となっている。

例えば運搬サイクルを4分とし、バイブレータ処理能力（25 m³/h）から必要バイブレータの本数を計算すると、

1時間当たりのコンクリート量は

$$10 \text{ m}^3 \times 15 \text{ 回/h (4 分に 1 回)} = 150 \text{ m}^3$$

$$150 \text{ m}^3 \div 25 \text{ m}^3/\text{h} = 6 \text{ 本}$$

になる。6本付きの「本装置」をコンクリートバケットの数だけ揃えれば一番効率のよいコンクリート打設作業が行える。

また、RCC/RCD 工法においても「本装置」は岩着部分や後背型枠部分などの打設に利用されている。

他方中国では電動式バイブレータをコピーした「本装置」もまだ一部存在し、エクスカベータ後部に電源ケーブルを巻き付け、あたかもワイヤーリモコンで動くエクスカベータのような外観である。実際の作業ではケーブルを捌く作業員が必要となること、打設済みのコンクリート面や付帯設備に傷をつけたり、人身事故に繋がる可能性もあるため、現場に適さない事は自明である（写真—6）。



写真—6 中国電動式バイバック

(2) 手持ち式

「本装置」では締め固めができない型枠付近やコーナー部分あるいは「本装置」の補助用として使われている。

HIB100 と HIB130 の2種類がある。型式の数字は振動部の直径を表し、最大骨材粒径により選択される（写真—7）。

5. おわりに

最後に、中国でも環境問題が大きくクローズアップされ人民の関心を集めている。ダム建設においても環境問題と合わせて議論されることがあり、ダム建設に



写真一 手持ち式バイブレータ

としては逆風である。かといってクリーンエネルギーとして注目されてきた原子力発電も福島原発事故以降厳しい状況に置かれており、経済の発展を下支えする電力生産は、名目 GDP でアメリカに次ぐ規模となった中国において重要な課題の一つであると共に、現場の実態を知る我々にはインドシナ方面への水源、電力

を握ろうとする中国共産党政府の、衣の下のよろいも見え隠れしている。

当社は 40 年に及ぶバイバック開発、生産の歴史の中で、日本を含めた全世界に 300 台近い、中国だけでも 20 数現場に 100 台近い納入実績を持つ。

「コンクリートから人へ」から「国土強靱化」に向かい始めた今、当社が 97 年前の創業以来最も得意としてきた技術を活かして世界のダム作りに貢献したいと考える。

JCMMA

《参考文献》

- 1) 中国国家统计局資料
- 2) エネルギー白書 2010 (経済産業省資源エネルギー庁)
- 3) 東京三菱 UFJ 銀行調査資料 (web サイト)
- 4) 中国人民網 web サイト
- 5) 百度百科

[筆者紹介]

小川 範之 (おがわ のりゆき)

エクセン(株)

海外事業部

中国担当課長



大口径岩盤削孔工法の積算

——平成 24 年度版——

■改訂内容

- ・国交省の損料改正に伴う関連箇所の全面改訂
- ・ダウンザホールハンマ工、ロータリ掘削工法の積算方法の改定
- ・工法写真、標準積算例による解りやすい説明
- ・施工条件等に対応した新たな岩盤削孔技術事例の追加
- ・施工実績の改定

- A4 判 / 約 250 頁 (カラー写真入り)

●定 価

非会員：5,880 円 (本体 5,600 円)

会 員：5,000 円 (本体 4,762 円)

※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。

※送料は会員・非会員とも

沖縄県以外 450 円

沖縄県 340 円 (但し県内に限る)

- 発刊 平成 24 年 5 月

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>



ダム公園の紹介

ダム公園と笹流ダム前庭広場

吉 田 一 雄

函館市企業局は、ダムに隣接した二つの公園を管理している。新中野ダムに隣接するダム公園と、笹流ダムに隣接する笹流ダム前庭広場である。これらは、二級河川亀田川の上流に位置し、市民にレクリエーションの場を提供し、あわせて水資源を直接貯えるダムと、森林の水源涵養機能を自然の中で楽しみながら学ぶために、水道事業者が設置した施設である。北海道内にある4基のダムのミニチュアが設置してある「ダム公園」を中心に、「笹流ダム前庭広場」とあわせて紹介する。

キーワード：ダム公園、笹流ダム前庭広場、新中野ダム、笹流ダム、ミニチュアダム

1. はじめに

二つの公園は、函館市の市街地を南北に縦断する亀田川（かめだがわ）の上流に位置する。亀田川は、横津岳（よこつだけ）連峰のひとつ袴腰岳（はかまごしだけ）を水源として流路延長20.1 km 流域面積43.5 km²の東北に細長い流域を持ち、函館市の市街地を北東から南に貫流し、津軽海峡に河口を持つ河川である。その亀田川の上流から順に、ダム公園と、笹流（ささながれ）ダム前庭広場がある。上流側から順に二つの公園を紹介する。

なお、本稿中の意見に関する部分については、筆者の個人的見解であることをはじめにお断りしたい。

2. 二つのダム公園

ダムに隣接する公園をダム公園というのならば、函館市企業局は、二つのダム公園を管理していることになる。概要を別表（表—1）に掲げる。

二つとも亀田川の上流に位置するため、地元市民でさえよく取り違える。古くからあり、赤川小学校に近

い公園が笹流ダム前庭広場なのだが、地元市民はそうは言わない。通称、「赤川の水源地（あかがわのすいげんち）」である。それに対して、ダム公園は1986年（昭和61年）完成の公園であり、赤川水源地よりもさらに上流へ4 km 北上した位置にある。

3. ダム公園（図—1、写真—1、参考 HP-1）

新中野ダムに隣接するダム公園は、新中野ダムが完成した1984年（昭和59年）の翌々年に函館市企業局（当時は函館市水道局）が設置した公園である。

メイン施設であるミニチュアダムは、北海道の代表的な4基のダムを配置してある。ミニチュアダムの大きさは実物のほぼ50分の1程度である¹⁾。公園の北側から順に、石狩川の最上流にある大雪（たいせつ）ダム（写真—2）、札幌市にある豊平峡（ほうへいきょう）ダム（写真—3）、そして笹流ダム（写真—4）と、新中野ダム（写真—5）である。ダム堤体の縮尺は、いずれも同じ縮尺ではない。ダムによって縮尺を変えている。加えて、高さ方向と、延長方向で若干縮尺を変えている。また、ダム堤体だけを縮小しただけでは

表—1 公園の概要

名称	ダム公園	笹流ダム前庭広場（赤川水源地）
位置	函館市街地から北東へ12km	函館市街地から北東へ8km
アクセス	函館バス「赤川」行き終点「赤川」下車、徒歩30分	函館バス「赤川」行き「赤川小学校」下車、徒歩7分
隣接するダム	新中野ダム 1984年（昭和59年度）完成	笹流ダム 1923年（大正12年）完成 1984年（昭和59年度）大規模改修
特色	昭和61年完成 北海道の代表的な4つのダムのミニチュア	笹流ダムに隣接した公園 サクラ、モミジ他

図—1 ダム公園（パンフレット「函館水道のダム」²⁾より）

写真—1 ダム公園近景



写真—2 ダム公園ミニチュアダム（大雪ダム）



写真—3 ダム公園ミニチュアダム（豊平峡ダム）



写真—4 ダム公園ミニチュアダム（笹流ダム）



写真—5 ダム公園ミニチュアダム（新中野ダム）

なく、ダム周辺の地形をも模している。公園内にある木々に目を移せば、西側園路沿いに、北海道松前町から寄贈を受けたサクラの一群がある。また、東側園路沿いには、カナダ・ハリファックス市から寄贈されたヘムロックツリー（和名ツガ）等が植えられ、園中央に位置するミニチュアダム周辺には菖蒲池（しょうぶいけ）と、紅葉で美しいモミジがある。

ダム公園は、実は一年中開園しているわけではなく、開園時期は、サクラが咲く4月下旬からモミジが散ってしまう11月下旬までである。11月下旬には、雪が降り始める時期でもある。厳寒期は、積雪は1mにおよび、12月初めですでに銀世界である（写真—6）。



写真—6 ダム公園（12月）

ダム公園は、水道事業者が設置した施設ではあるが、実は給水区域に含まれていない。施設内にある給水栓から出てくる水は、水道水ではなく井戸水である。それはつまり、井戸からくみ上げられた地下水が豊富できれいであることの証でもある。また、ミニチュアダムのダム湖の水は、井戸水ではなく、新中野ダムから供給された原水であり、まさに本当のダム湖水を使用している。

4. 新中野ダム

新中野ダムは、はじめから新中野ダムであったわけではなく、北海道によって嵩上げされるまでは、函館市企業局（当時は函館市水道局）が有していた水道専用ダム「中野ダム」であった。1984年（昭和59年）に、治水目的のため中野ダムを嵩上げし新中野ダムとして生まれ変わったものである。現在は、北海道と函館市企業局の兼用工作物となっている。

5. 笹流ダム前庭広場

函館市民であれば、小学生の遠足で、必ずと言っていいほど訪れる公園である。

笹流ダム前庭広場には、ソメイヨシノなどのサクラや、紅葉で美しいモミジやカエデがあり、春から秋に至るまで目を喜ばせるのに事欠かない。

笹流ダムへは、西側からは管理事務所の園路から、東側からは東橋（あずまばし）を渡って左側の園路を登っていくとよい。堤体まであがると、前庭広場を眼下に、好天に恵まれれば函館山を見ることができる。

6. 笹流ダム

笹流ダムは、1923年（大正12年）に築造されたパッ

トレス式（＝扶壁式）ダムである。現在の笹流ダムは、1923年（大正12年）に築造されたそのままではない。1978年（昭和53年）度から堤体調査を実施し、さらに1983年（昭和58年）度から改修工事を施行して翌1984年（昭和59年）度で大規模改修を終えたものである。その後、笹流ダムを含む函館市の水道施設は、1985年（昭和60年）に近代水道百選に選ばれ、2001年（平成13年）には土木学会選奨土木遺産認定施設に選ばれた。その記念碑が園中央にある。また、平成20年度には近代化産業遺産群に選ばれている。

7. おわりに

函館市にあるダム公園について紹介した。全国には、多くのダム公園があると聞く。そうした中、函館市のダム公園を本誌にて紹介できたことは大変うれしく思う。ダム公園は、ミニチュアダムがあることが最大の特色と言えるが、これに加えて、函館市の、笹流ダムを初めとする水道施設群が近代化産業遺産などに選ばれていることも特筆したい。

JICMA

《参考文献》

- 1) 函館市水道百年史 企画製作 函館市水道局 平成元年9月1日発行
- 2) 函館市水道局 「函館水道のダム」パンフレット

《参考ホームページ》

HP-1) 函館市企業局ダム公園
<http://www.city.hakodate.hokkaido.jp/suidou/info/institution/index.html>

【筆者紹介】

吉田 一雄（よしだ かずお）
 函館市企業局
 上下水道部 浄水課
 水源林担当主査



ずいそう

私と建設機械と海外生活

遠 入 正 行



この業界で働き始めてもう40年になります。最初は米国P&H社からの技術供与による電気ショベルの海外技術サービスで、オーストラリア、米国、フィリピンを行き来しました。最初の出張先はオーストラリアのHAMASLEY 鉱山で、鉱山で話す独特の汚い英語が理解できませんでした。しかし女性がいると器用にもきれいな英語に切り替えるのには全く驚いてしまいました。最近HAMASLEYを母体とする世界的な鉱山会社のRIO TINTOの社長さんと副社長さんに会う機会があり、私の最初の海外出張はHAMASLEY(最初の海外旅行でもあった)であったことを話すと、とても喜んでくれました。今でもHAMASLEYのきれいな空気と食堂の食べ物の豊富さを思い出します。37年前はまだ日本は貧乏でした。

1976年にP&H社の本社のあるミルウォーキーに駐在となりました。駐在先はサービス部で世界各地から技術の問い合わせがあります。最初は電話を取るのが非常に億劫でした。しかし教習所でアメリカ人のお客さんを教育できるまでになり、充実感がありました。

1977年にはチリのチュキカマタ鉱山に駐在しました。オープンピットの鉱山では世界最大の高山です。ここは海拔3000mで、初めての人は酸素不足となり高山病にかかる人もいます。電気ショベルは800tもある大きな機械で、会社が93%の稼働保証を行ったので24時間365日稼働する機械の面倒を見るのは大変でした。

夜中でもショベルが止まるとすぐに電話がかかって来ます。これでは土曜、日曜日どこにもいけません。鉱山のメンテナンスクルーをトレーニングして機械が不具合を起こしても彼らで対処できるようしました。時間はかかりました。これで近くのとはいっても300km離れた港町のアントファガスタへ行くことができました。チリは3W(3つのW)が有名です。WOMAN, WEATHER, WINE。本当に女性はきれいで車を運転してるとついつい脇見運転してしまいそうでした。当時はピノチエット大統領のときで夜中の12時以降は外出禁止でした。しかし鉱山は24時間動いていますので、私は24時間動ける許可書を持っていました。鉱山の近くにカラマという町がありました

が、ここで飲んで12時になると皆私の車に乗ろうとします。途中軍隊の検問がありますが私の車は24時間移動可能な許可書があるので、これを知っている友人が我先にと私の車に乗るのです。

1980年からはフィリピンに駐在しました。家は周りが塀で囲まれた住宅地にあり、その住宅地にはカントリークラブがあり、ゴルフ場、屋内外テニスコート、スイミングプール、なんとポロの競技場まであるところで、貧乏な国、日本から行った私にとって驚きを通り越してボーゼンとしてしまいました。住み込みのメードが3人、運転手1名で、私の会社への送り迎え、子供の学校への送り迎え、嫁さんの買い物等、運転手はフル回転でした。すばらしい運転手にも恵まれました。買い物にスーパーへ行くと入り口で運転手が車から降りてくれます、買い物を終わって出てくると、たちまち車が店の前に来て車に乗るわけですが、運転手は我々が出てくるのを見ておいて出たらすぐ車を回すのです。フィリピンには5年間いましたが、マニラの大邸宅から日本の社宅、たぶん50m²へ帰ってきたときに娘が私に聞きました。パパ明日学校にはどうやって行くの？ 私は答えました。もちろん歩いていくのだよ。

娘が言いました。パパ貧乏になったの？ このアパートはチキンケージみたい。

フィリピンでの顧客は鉱山で、よく山奥の鉱山を訪問しました。ミンダナオでは途中ゲリラが出る場所があり、ここを突破するのが大変でした。鉱山の連中は本当にいい人で私が行くと歓待してくれました。

1988年に電気ショベルから油圧ショベル担当になりました。800tから20tですから気落ちしてしまいました。しかし1989年から、アメリカに工場をたてその品質の責任者として赴任するとたちまち忙しくなりました。しかし娘3人をアメリカの学校に行かせるのには苦労しました。英語がわからないので学校に行きたくないといい始めたのです。私も会社から帰ったら彼女たちの宿題を手伝うのですが、これが難しい。生物、物理まったくわからない。そこで家庭教師を雇うことにしました。学校に相談すると、なんと娘のある学科の担任の先生が家庭教師をやってもよいとの事

で、私はこれで私が解放されると喜びました。先生は学校でテストに出そうなところの情報を基に家に来て教えてくださったので、娘たちはもう学校はいやだとは言わなくなりました。その先生には、駐在の7年間ずーっとお世話になりました。

よく家族とともに車で旅行をしました。アメリカは広くてきれいな自然がたくさん残っています。日本は小さな家が所狭しと建っていますが。

アメリカで住んでいた家も大きな家でした。とてつもなく広い庭。この芝刈りが大変でした。芝刈りは男の仕事ということで女房はやりません。アメリカの家は隣との境に塀がありませんから芝生で続いています。芝を刈らないとお隣の芝とに段差ができてしまいます。最後はトラクターを買って芝刈りをするようになりました。芝は刈っても刈った芝を捨てるのが又大変。ゴルフの好きな私は、芝刈りで時間をとられるのが大問題でした。

帰国前の数年間は副社長兼工場長で、素晴らしいアメリカ人の部下に恵まれました。

アメリカから帰国して生産管理の仕事をやり、提携先のイタリア担当となり、イタリアにはよく行きました。なにセワインがうまい。モンブランにも登りました(3,000 m のところにある展望台までですが)。このときの光景は忘れられません。

このような素晴らしいVIEWを創造したのは、神以外にありえないと思いました。宇宙飛行士が地球を見て、その美しさのあまり神の存在を感じたのと同じです。

長い間外国の人とつきあい、仕事では時には机をたたいて議論もしましたが、重要なことは、相手の文化を理解することです。長年建機の仕事をやって、多くの友人ができましたが、それが私の財産だと思っています。

——えんにゅう まさゆき コベルコ建機(株) 営業本部 副本部長——

「建設機械施工ハンドブック」改訂4版

建設機械及び施工の基礎知識、最新の技術動向、排出ガス規制・地球温暖化とその対応、情報化施工などを、最新情報も織り込み収録。

建設機械を用いた施工現場における監理・主任技術者、監督、世話役、オペレータなどの現場技術者、建設機械メーカー、輸入商社、リース・レンタル業、サービス業などの建設機械技術者や、大学・高等専門学校・高等学校において建設機械と施工法を勉強する学生などに必携です。

建設機械施工技術の修得、また1・2級建設機械施工技士などの国家資格取得のためにも大変有効です。

【構成】

1. 概要
2. 土木工学一般
3. 建設機械一般
4. 安全対策・環境保全
5. 関係法令

6. トラクタ系機械
7. ショベル系機械
8. 運搬機械
9. 基礎工事機械
10. モータグレーダ
11. 締固め機械
12. 舗装機械

●A4判／約800ページ

●定 価

非 会 員：6,300円（本体6,000円）

会 員：5,350円（本体5,095円）

特別会員：4,800円（本体4,570円）

【ただし、特別価格は学校教材販売（学校等教育機関で20冊以上を一括購入申込みされる場合）】

※送料は会員・非会員とも沖縄県以外700円、沖縄県1,050円

※官公庁（学校関係を含む）は会員と同等の取扱いとします。

●発刊 平成23年4月

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>

ずいそう

顔に責任が持てるか？

井 口 勇 二



それは昭和 52 年就学を終え、現在勤務する会社で初めて配属された技術部でのこと。新人研修期間中に、工場内での製造作業手伝をする中で、その片隅に実験用の生コンプラントが設置されているのは知っていた。ところがその設備が何に使われるのか知識も無く興味も持っていなかった。ところがある日「明日は試験練りがあるから上司の指示に従って作業を手伝うように」。その当時は何も考えずにとりあえず「上司の指示に従って一生懸命やっていたらいいのだ」位にしか考えていなかった。従ってその実験が何を目的に何をするのかも考えずにいた。当日は白衣を着た来客(後日分かったのだが建設省と大林組の方だった) 含め総勢 20 人前後が参加。大きな砂利 (80 mm)・砂を天井クレーンで吊り上げ貯蔵ビンに入れていく。セメントは 20 kg 袋で準備。生コンが練られ排出されてくる。パサパサだ。ショベルで受け約直径 50 cm、高さ 80 cm 位の鉄製容器 3 個に生コンを詰めていく。それを別々のパレットに移し替え水洗いする。「君達の出番だ」と声がかかり新人二人で篩いを両側から持って数種類の骨材に分類していく。腰が痛い、きつい。それが終わると選別した砂利ごとにタオルでその表面の水を拭き取っていく。喉が渇く。何も知らないものは強いもので、その水(使用されていた水は循環水だった)をガブ飲みする。少し泥臭いが仕方ないか。一連の作業が何を意味しているのかさっぱり理解していない。が、作業を終えミーティング後の会社幹部の機嫌が良かったのは記憶している。そうだったのです。これがダムの RCD 工法に供するコンクリートの練り混ぜ性能試験だったのです。(それを知ったのは相当後になってからであるが。)その後、先輩諸氏の努力で建設省発注の島地川ダム工事(大林組大本組共同企業体)に初めて 2 軸強制練ミキサーが採用されたのである。

ところが、私はと言えば今振り返ってみて何ともったいないことをしてしまったのだろうかと後悔する。「明日は試験練りを手伝え」と指示を受けた時にもう少し先輩に質問していれば、もっと違うことを感じ習

得していたのかも知れない。しかも知らずに循環水まで飲んでしまったのに。

毎年荒れる成人式のテレビ映像を見て思うことがある。自分はあそこまで傍若無人な振舞いはしなかったが、果たして彼らと何が違うのか。ほとんど大差無いのではないか。若者の特権である「疑問を持って質問する。勉強する。行動に移す。失敗する。再度チャレンジする」。やってきたか？

アメリカの第 16 代大統領リンカーンは、自分にある人物を取り立てるように推薦してきた人に対して、「彼はダメだ。顔が悪い。人は 40 歳にもなれば、顔に責任を持たなければならない」と答えたと言う。確かに人の顔はその人を直感的に判断するときの大きな材料である。両親から受継いだその顔貌は自分では変えることが出来ない。特に男女の関係においてはその影響は非常に大きい。本質を知るまでは。しかし、顔つきは本人の後天的な努力によりいくらでも変わってくる。又変えられるのである。人間の持つ知性・自信・優しさ・狡猾さ・高慢さ等その顔つきに現れる。それらはその時々のものであるが、全て自分自身である。従って、その顔に責任を持たなければならないのである。

それはさておいて、話を自分のところに戻そう。鏡に映る顔は年相応に髪が薄くなり、シミ・皺が多い。どうも人よりも多そう。だがどうであろう。新人時代に RCD 工法と言う新技術の開発の傍に居ながらチャンスを逃してしまった。その受身の姿勢がどうなったのか？ それ以降も無駄飯ばかり食って不平不満だけを口にしていないか？ ウーン、中々厳しいぞ。毎日鏡を見て、心の中をチェックして、何が欠けているのか、自問自答しなければならない。人は死ぬまで勉強と言われるが向上心を持ち、まだまだやりたい事、やらなければならない事が色々あるだろう。年は取っても日々若者の気持を持ち前向きに努力を怠る事無く、自分の顔に責任を持って生活したいものである。

JCMA 報告

平成 24 年度
「建設施工と建設機械シンポジウム」開催報告(その3)

パネルディスカッション 「岐路に立つ無人化施工」

◆コーディネーター

建山 和由氏 (立命館大学理工学部)

●パネリスト

油田 信一氏 (芝浦工業大学工学部)

【ロボット研究者】

田村 圭司氏 (砂防・地すべり技術センター)

【砂防関係者】

植木 陸央氏 (建設無人化施工協会, 鹿島建設㈱)

【関連協会関係者】

北原 成郎氏 (土木学会建設用ロボット委員会, ㈱熊谷組)

【関連学会関係者】

宮武 一郎氏 (国土交通省公共事業企画調整課)

【行政関係者】

平成 24 年 11 月 7, 8 日に当協会主催による「建設施工と建設機械シンポジウム」が開催されました。

その中で、「岐路に立つ無人化施工」と題して、コーディネーターに立命館大学理工学部教授の建山和由氏を迎え、パネリストにはロボット研究者、砂防関係者、関連協会、土木学会、行政の関係者として 5 氏に参加いただいてパネルディスカッションが行われました。

各パネリストから無人化施工の事例紹介、現状と課題、最近の取り組み等が発表された後、ディスカッションを行いました。

最後にコーディネーターの建山氏より、これまで発展し効果を上げてきた無人化施工技術をさらに発展させるためには、産学官が連携しながら普段でも汎用的に使えるフィールドを用意すること、また、ロボット分野の方々と一緒に更に技術を高めていく努力の必要性が総括され、終了しました。

コーディネーター及びパネリストから提供された無人化施工に関する多くの有意義な情報、意見等を機関誌に掲載して、広く皆様に知っていただく目的で今回ご報告することとしました。

1. パネルディスカッションの趣旨説明

◆コーディネーター

昨年の東日本大震災あるいは近畿地方で起きた豪雨災害では、人が危なくて入ることができない所に無人化施工技術を適用して、随分と効果を上げ、我々建設以外の部門の方々からも注目されました。

ただ、将来を考えた時に無人化施工技術が、このまま有用な技術として生き残っていけるのかということ、実は難しい点が多々あるということもわかってきました。

その意味では、本日のタイトルにあるように無人化施工は正しく岐路に立っていると言えます。本日は、無人化施工をどのように発展させていくのか、あるいは、そのために何をしなければならないのかということ、を、パネリストの皆様と議論していきたいと思います。

最初に、無人化施工と建設用ロボットという、本日のパネルディスカッションのキーワードを確認したいと思います(図—1)。「無人化施工」とは、災害等危険な場所に人が立ち入ることができない場所で、必要な工事を行う施工法と言えます。その中で主役を果たすのが建設用ロボットです。建設機械に何らかの自動制御、または遠隔制御の機能を付加することによって、効率、施工性、精度、あるいは安全性といった性能の向上を可能にした機械と言えます。本日は無人化施工、特に建設用ロボットを中心に、これからの発展性、その必要と方法論について議論していきたいと思います。

無人化施工とは、

災害等危険な場所に人が立ち入ること無く、必要な工事を行う施工法

建設用ロボットとは、

**建設機械に何らかの自動制御、または遠隔制御の機能を付加することにより、
効率、施工性、精度、安全性
などの性能の向上を可能にした機械。**

図—1 パネルディスカッションのキーワード

本日は 5 名のパネリストの皆様と議論していきます。もちろん、フロアからも積極的にご意見をいただく時間も設ける予定ですのでどうぞよろしくお願い致します。

先ほど少しお話ししましたように、昨年度の災害におきまして無人化施工技術が実用的に優れた技術であることが検証されました。なぜ、そういったことが可

能になったのかということも含め、無人化施工の到達点をここで振り返ってみたいと思います。

そのために、最初に砂防関係者の代表ということで田村さんに砂防事業から飛躍的に発展してきた無人化施工についてのご説明をお願いします。

2. 砂防事業における無人化施工の活用と変遷

●田村氏

砂防における無人化施工は、この写真にあるように雲仙普賢岳の災害が大きいきっかけになっています(写真—1)。雲仙の復興対策の工事ですが、皆さん御存じのとおり火砕流は何千回も出る、土石流も何百回も出るという中で、早期に施設の効果を発現させなければいけないということがありました。しかも、その中で作業するわけですから、作業員の安全確保が必要だということがあります(図—2)。

警戒区域内、つまり、災対法に基づく立入禁止区域、原発事故で設定されたものと同じ警戒区域で工事をするということで、無人化施工技術を積極的に活用せざるを得なかった現状がありました。以前にも幾つか遠隔操作のような施工はありましたが、近代の無人化施工の発祥の地であろうと考えています。

砂防でどんなことをやったかと言うと、幾つかの条



写真—1 雲仙普賢岳の全景

火砕流・土石流の頻発化状況から
雲仙復興対策工事では、

- ①早期施設効果の発現
- ②作業員の安全確保

が求められた。

⇒警戒区域内で防災・減災工事を実施
する必要性が高く、無人化施工技術を
積極的に活用。

→ 近代無人化施工発祥の地

図—2 無人化施工の背景

件を付して民間から技術を公募しました(図—3)。大きな岩を砕く必要から礫の粉碎が可能であることから、一時的に温度100度、湿度100%の中でも運転ができること、更に人が入れないことから100m以上の遠隔操作が可能なことという条件を付して、無人化施工の技術を公募しました。その中で、平成6年1月から試験フィールド制度として、まず除石工事から始めました(写真—2)。

次に、平成7年12月には砂防ダムと言われている砂防堰堤工事に無人化施工で着手しました(図—4)。

平成5年(1993)、国土交通省(当時建設省)は、火砕流が到達する危険がある警戒区域内でも安全に土石流堆積物を掘削・搬出できる施工技術を民間から公募

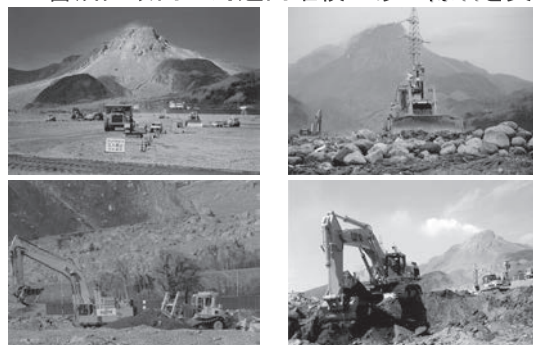
無人化施工の公募条件

	技術の内容	技術水準
1	不均一な土砂の状態 でかつ、岩の破碎を 伴う掘削と運搬。	直径2～3m程度の礫の 破碎が可能であること。
2	現地の温度、湿度条 件に対応可能。	一時的に温度100℃、湿 度100%程度の状況下で も運転可能。
3	施工機械を遠隔操作 することが可能。	100m以上の遠隔操作が 可能なこと。

図—3 無人化施工技術の活用(無人化施工の公募条件)

○平成6年1月～(試験フィールド制度)

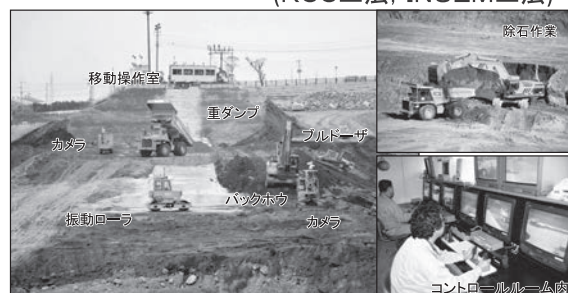
警戒区域内の河道内堆積土砂の除石を実施



写真—2 無人化施工の活用(試験フィールド制度による無人化施工)

○平成7年12月～(水無川1号砂防堰堤から)

警戒区域内の砂防施設構築に活用
(RCC工法、INSEM工法)



図—4 無人化施工技術の活用拡大(警戒区域内の砂防施設構築)

掘って、コンクリートを打って土砂を運び出すという工事です。もちろん、カメラなども付けながら施工しました。

ここで一つ紹介したいのは、無人化施工では機械と通信の技術開発はもちろん必要です。ただ、それだけではやはり現場ではなかなか通用しない。それに伴って、土木や砂防の方もしっかりと技術開発を進めてきました。

無人化施工でやる場合には、コンクリートを打つに当たって型枠が組めないため、砂防ソイルセメントと言われる土砂とセメントを混ぜて使う工法を開発しました（図—5）。しかし、コンクリートの締め固めが無人化では難しいので、土で型枠を作って土砂とセメントを混ぜた材料で堰堤を作って無人化で施工するという、いろいろな複合的な技術開発の結果、復興工事ができたということになります。

無人化施工による堰堤構築を可能にした土砂型枠

—土砂型枠工法の考案—

○従来のコンクリートを用いた場合、型枠作業が複雑で、無人化施工技術を活用することが困難。

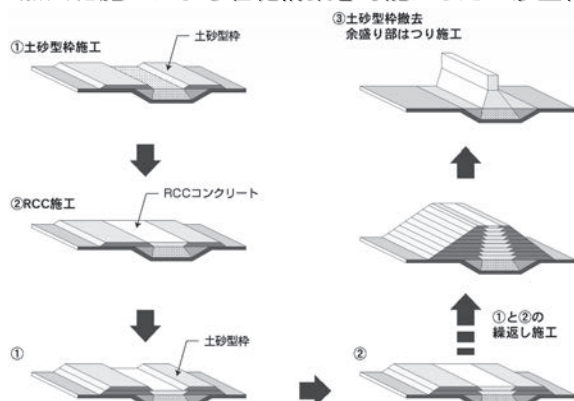
ORCC、INSEM工法（砂防ソイルセメント）は、敷均しにブルドーザ、締め固めに振動ローラを用いるので、型枠の近くの作業困難。

○従来の型枠の発想を転換し、RCC工法では土砂を盛り上げて型枠とする土砂型枠工法を考案。

図—5 土砂型枠工法（1）

これが今お話をした土砂型枠ですが（図—6）、土砂で周りを高くしていった、その間に砂防ソイルセメントを埋めていく。どんどん重ねていった、最後に土砂を取り除くという工事をしました。

無人化施工による堰堤構築を可能にした土砂型枠



図—6 土砂型枠工法（2）

以降、雲仙普賢岳の復興工事では、これだけの無人化施工工事を今までやってきました（図—7）。除石工事はもちろんですが、最近では堤体本体を全部無人化施工でやることになっております。

○無人化施工適用実績表

番号	施工年度	流域名	施設名	適用部位
1	平成6年度 実施	水無川	除石試験施工	除石
2	平成6～7年度 実施	水無川	下流河道除石	除石
3	平成7～10年度 実施	水無川	1号上流除石	除石
4	平成10～11年度 実施	水無川	2号上流除石	除石
5	平成11～12年度 実施	水無川上流	水無川上流	除石
6	平成11～12年度 実施	赤松谷川	赤松谷川上流	除石
7	平成10年度 完成	水無川	水無川1号砂防堰堤	越流部(RCC部)
8	平成12年度 完成	水無川	水無川2号砂防堰堤	越流部(RCC部)
9	平成15年度 完成	水無川上流	水無川3号砂防堰堤	越流部(RCC部)
10	平成15年度 完成	赤松谷川	赤松谷川1号堰堤	越流部(RCC部)
11	平成16年度 完成	水無川上流	水無川背割堤	背割堤
12	平成16年度 完成	赤松谷川	赤松谷川3号導流堤	導流堤
13	平成17年度 完成	赤松谷川	赤松谷川2号堰堤	越流部(RCC部)
14	平成18年度 完成	赤松谷川	赤松谷川1号床固工	堤体部
15	平成18年度 完成	赤松谷川	赤松谷川4号床固工	堤体部
16	平成19年度 完成	赤松谷川	赤松谷川7号床固工	堤体部
17	平成20年度 完成	水無川上流	水無川4号砂防堰堤	堤体部
18	平成20年度 完成	赤松谷川	赤松谷川10号床固工	堤体部
19	平成21年度 完成	水無川上流	おしが谷上流床固工群(12号)	堤体部
20	平成22年度 完成	水無川上流	おしが谷上流床固工群(1号～5号)	堤体部
21	平成22年度 完成	赤松谷川	赤松谷川12号床固工	堤体部
22	平成22年度 完成	赤松谷川	赤松谷川9号床固工	堤体部

図—7 無人化施工の活用（無人化施工適用実績）

その流れを大きく分類しますと、4つ程度になると思っています（図—8）。勝手に第1世代から第4世代と名前を付けましたけれども、まず1つ目は直接方式と言えそうですが、目視による遠隔操作。2つ目はモニター操作方式、カメラ映像を用いた遠隔操作。第3世代は情報化施工を加味したGPS、TSなどによる測位技術と、設計データを利用したソフトウェア支援による遠隔操作。第4世代は、ネットワーク型遠隔操作方式ということで、光ファイバー網や様々な無線通信方式を組み合わせた超長距離遠隔操作、という発展過程もしくは分類と言えるのではないかと考えています。

- ・第1世代:直接方式(目視による遠隔操作)
- ・第2世代:モニター操作方式
(カメラ映像を用いた遠隔操作)
- ・第3世代:情報化施工方式
(GPS,TS等による測位技術と設計データを利用したソフトウェア支援による遠隔操作)
- ・第4世代:ネットワーク型遠隔操作方式
(光ファイバー網や様々な無線通信方式を組み合わせた超長距離遠隔操作)

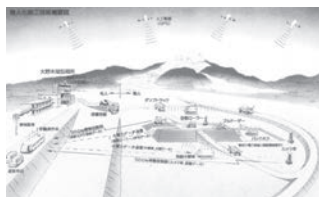
図—8 無人化施工の施工方式による分類

このようにして雲仙における無人化施工は発達してきましたが、先ほども申し上げたとおり、単純に一つの遠隔操作技術だけではなくて、非常に多様な技術で成り立っているのが雲仙における無人化施工と言えます（図—9）。どういうことかと言うと、まず設計、施工計画、材料、施工管理、情報化施工、無線マネジメントを総合した施工技術と言えそうですし、それらの技術を集めたものが今の雲仙における

■雲仙普賢岳における無人化施工

噴火活動によって、島原市を中心に大きな被害を与えた雲仙・普賢岳火山。復興が進んだ現在もなお、溶岩ドームの崩落や土砂による被害が想定される水無川、赤松谷川流域では、立入が禁止された警戒区域が設定されています。

警戒区域での復興工事は、安全な場所から建設重機を遠隔操作し、作業を行う「無人化施工」で行われています。雲仙における無人化施工(雲仙式)とは設計から施工計画、材料、施工管理、情報化施工(操作支援、自動化)、無線マネジメントなどの総合的な施工技術としての「最上級の無人化施工」です。



■雲仙式無人化施工のポイント

①設計



警戒区域内での作業のため、無人化に適した作業内容に合わせた工法や建設機械を選定します。

②施工計画



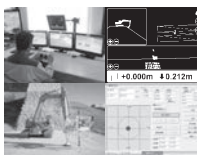
土石流・火砕流に対する安全対策、施工計画を作成し、遠く離れた安全な場所に作業室を設置します。カメラ配置計画を行い、カメラ映像を見ながら施工を行います。

③無線マネジメント



無人化施工では、無線種類の選定が重要です。現場状況(無線機と重機の距離、見通し)に応じ、中継局(中継車)を設置します。近年では、無線の多量化により多数の無人重機を操作します。

④施工管理、情報化施工



施工内容に応じ、様々なシステムが採用されています。無人測量機や、GPSを用いた数値化・配管管理システム、バックホウの刃先座標を計測し、設計ラインとの位置関係を表示する3次元誘導システムなどの技術が用いられています。

⑤工事施工



熱線オペレータによる重機操作複数のカメラ映像、施工管理システムを確認しながらの操作を行います。

無人化施工では、
・現地状況の把握
・機器配置計画
・システム構築
・工事施工管理
の一連を総合的にマネジメントできる技術が必要不可欠です。

図-9 雲仙における無人化施工(雲仙式)

無人化施工ではないかと思えます。つまり、災害復旧における無人化施工では、現地状況の把握、機器配置計画、システム構築、工事施工管理の一連を総合的にマネジメントできる技術が必要不可欠であろうと考えています。

これが過去の砂防も含む無人化施工の事例ですが(図-10)、ほとんどが雲仙復興事務所による事例になります。復興事業ももう最終盤に差し迫っているところですので、このようなフィールドが今後、だんだん少なくなっていくことが考えられます。

雲仙で培われた技術が、その後いろいろな土砂災害で活用されています。鹿児島県の針原川の土石流、有

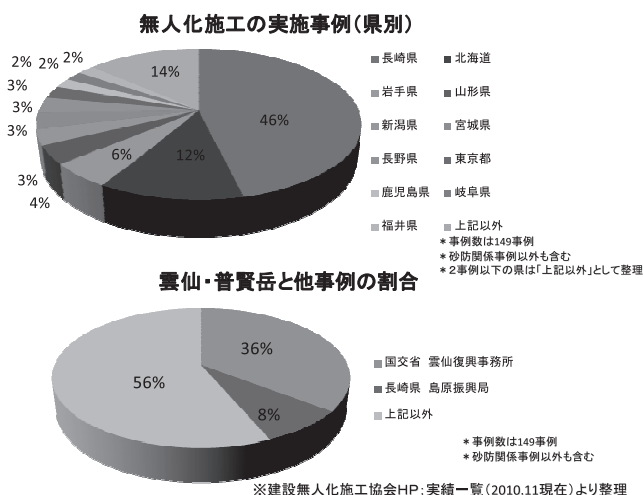


図-10 無人化施工の実施

珠山、三宅島の火山噴火、そして東日本大震災。各地で活用が拡大されてきていると言えます(図-11)。

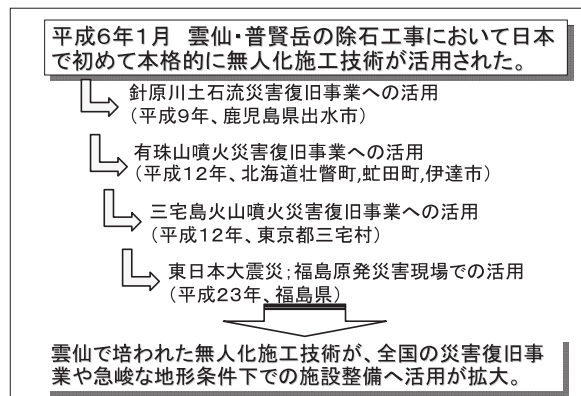


図-11 無人化施工技術の活用拡大

もう一つ、ちょっと切り口を変えて、災害発生から無人化施工をするまでの間に情報収集や対策工の検討や無人化施工をするのか、しないのかという判断が非常に難しいところであり、正にここは砂防や土木の技術者、機械の技術者、電気通信の技術者、その他いろいろなオペレーターの皆さんの技量とか、いろいろな方々の総合力でやらなくてはいけない重要な部分だと思います(図-12)。更に、もっと大きい目で見ると、機械の老朽化やオペレーターの皆さんの継続的な養成などもあります。

また、日ごろからどんな準備をしていたらいいのか。危機管理の体制として、状況把握をどうしたらいいの

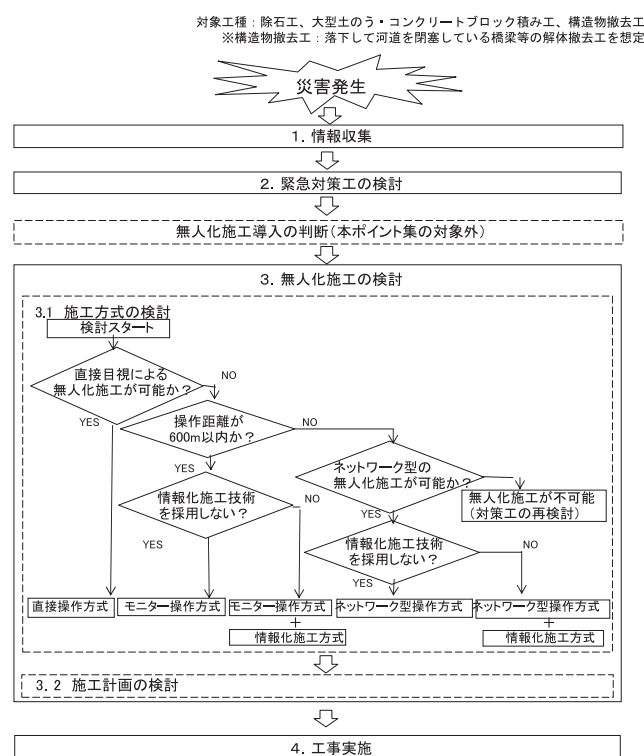


図-12 緊急災害時における無人化施工フロー

か。もちろん、無人化での調査も重要になると思います。対応方針はどうやって決定したらいいのか。無人化施工で行う工種や施工範囲や施工期間はどのように決めるか。ちょっと違う反面で言えば、契約はどうするか。発注者への周知活動はどうするかという、発注者側への課題もあるのではないかと考えています（図—13）。

- 機械の老朽化（更新意欲の低下）
- オペレータの継続的養成
- 日頃からの準備（資機材リストなど）
- 危機管理（現状把握と対応方針の意志決定）
- 無人化施工で行う工種、施工範囲、施工期間の決断
- 契約方針の決定（協定）
- 発注者などへの周知活動
（無人化施工で何ができるのか？）

図—13 様々な課題

いずれにしましても、我々防災事業、減災工事、災害対策に携わっている者にとっては、その途中でまた二次災害を起こすということはあってはならないことだと考えています。そんなことを起こすと大変なことになると考えておりますので、是非ともこの無人化施工の総合的な技術、単なる機械とか通信だけではなくて、いろいろな技術者がいろいろな知恵を出し合って進めていくという、この無人化施工技術を継続的に発展・維持していく仕組みが必要と感じています（図—14）。

無人化施工技術は・・・

- 災害対応（調査・工事）において
二次災害防止は必須！！
～二次災害を起こせば
災害対応全体の信頼が失われる！？～
- 無人化施工技術を
継続的に発展、維持できる仕組みが必要！！

図—14 無人化施工技術は・・・

◆コーディネーター

日本の無人化施工を雲仙が育ててくれたというお話でした。雲仙普賢岳の復旧事業があったから、現在の実用に耐え得る無人化施工が生まれてきた、育てきたというのは過言ではないと思います。

実は、復旧事業の無人化施工は我々建設分野の人間だけではなくて、他の分野の方々、特にロボットを研究

されている方々は非常に注目されていたとお聞きしています。その辺の事情は、ロボット研究者の代表として参加いただいています油田先生からお話ををお願いします。

3. ロボット研究者が見た建設の無人化施工

●油田氏

ロボットというのは何かというといかにも楽しそうな世界です。しかし、どういう機械をロボットと言うべきかという、イメージはありますが、ロボット屋の中でも定義がありません。産業用ロボットは間違いなくロボットですが、私は二足歩行や空飛ぶ機械じゃなくても、洗濯機とかパワーシャベルは十分にロボットと言うべきだと思っています（図—15）。パワーシャベルは何とかすると建設ロボットになるというよりも、パワーシャベルは既に建設用ロボットと考えています（図—16）。それをいかに高度化して、使いやすく、安全なものにしていくというのがロボット技術の役割です。

- 産業用ロボット
- 自動運転の自動車
- 自動掃除機
- 2足歩行機械
- 空を飛ぶ機械
- 全自動洗濯機
- パワーシャベル
- テレビゲーム

図—15 ロボットと呼ぶべき機械



図—16 ロボットと言える機械

社会から期待されるロボット技術への役割は生産性の向上ですとか、あるいは安全に作業することですが、それがロボットが産業界で使われている理由です（図—17）。また、2000年以來、サービスロボットという概念で、世界的に結構大きなプロジェクトがいろいろな所で動いています。それは新しい分野、新しい技

・生産性の向上 ➡ 産業用ロボット

・快適な生活 ➡ サービスロボット

・(大規模)事故時の緊急対応
➡ レスキューロボットプロジェクトなど
(国際救助隊、サンダーバード)



図—17 社会から期待されるロボット技術の役割

術、特に IT あるいはロボットテクノロジーを使って、新しいサービスをしようという話です。

それに対して、もう一つ、はっきりと期待されているのが事故時の緊急対応を目的とするロボット技術です。イメージは国際救助隊サンダーバードだと私もは言っています。ここにある写真は、東北大学の田所先生が中心になってやっておられる、レスキューロボットプロジェクトのホームページからいただいた写真です。その意味では、自然災害に対応している無人化施工は、既に役立っているロボット技術の極めていい例であると感じています(図—18)。

自然災害に対応する無人化施工

1993年～
・建設省技術評価制度
・試験フィールド制度

【工種】
・除石工事
・大規模土工
・RCC工法による砂防堤建設



雲仙無人化施工の意義

- 大規模土工でシステムとして無人化施工を実施(掘削/積み込み/運搬)
- 敷均し/締め固め/土砂型枠形成等基本的土工技術を無人化施工として確立
- オペレータの熟練度が飛躍的に向上
- その後の大規模災害において開発された機器が搬送されたり、技術が活用されるなどの道を開く
- 雲仙の経験を持つ熟練オペを全国に派遣

図—18 役立っているロボット技術の例

そう思っておりましたら、昨年3月に大変不幸な事故がございました。震災にロボット技術がどう対応できるかということは、すごく大きな問題としてありますが、これに加えて原発事故はちょっと違う性格の大きな事件でした。水素爆発が起こって高レベルの放射能が撒き散らされて、人が近づけなくなってしまいました。原子力の事故は、放射能の影響で人が入れなくなってしまうのが大きな特徴です。原子力事故を想定してこれに対処するため、ロボットや遠隔操作の機械を準備している組織は世界中に幾つかあります。特に、フランスとドイツでは法律で組織を作ることが決められており、フランスでは Group INTRA という、正し

く緊急時のロボットを働かせるための組織があります。また、ドイツでは KHG という、やはり機械を自分で持っていて、緊急時のための訓練を常日ごろしているという組織があります。一方、アメリカにはそのような組織はなくて、軍がその役割を担っていますが、Federal Radiological Emergency Response Plan があって、どのような対応をするかが決まっています。それに対して、日本ではそういうものが事実上全くなかったというのが昨年(2011年)の状態でした。その中で、福島では無人化施工の技術と機械が一定の働きをしたということは、紛れもない事実です。

3月11日に地震があり、3月14日に水素爆発がありましたが、緊急対応として福島への無人化施工の機械が最初に導入されたのは4月6日でした(図—19)。4月10日には、米軍が持ってきた Honeywell の T-Hawk という空飛ぶ偵察機械が写真を撮り、4月17日にはアメリカの i-Robot 社の Packbot が扉をあけて、中を見てくるということをやってくれました。

こういう時にこそ、日本はロボット先進国だからロボットが働くべきだという思いの割には、日本のロボットはちっとも働かないというフラストレーションが日本中にありましたが、実はその中で無人化施工の機械は単に偵察するだけではなくて、ちゃんと作業を始めていたというのが極めて大きな事実です。

- ・2011年4月6日 瓦礫処理無人化施工開始
- ・大成建設・鹿島建設・清水建設JV
- ・使用機械 (4/6導入台数/総予定台数)
 - ・バックホウ(アイアンフォーク) (1台/2台)
 - ・バックホウ(ニブラ) (0台/1台)
 - ・クローラダンプ(11t) (1台/3台)
 - ・オペレータ車 (1台/2台)
 - ・カメラ車 (1台/9台)

(東京電力提供)

図—19 緊急対応 福島への無人化施工機械の導入

この話は、ロボット屋から見ると実は大変ショックなことでした。ロボット研究者、あるいはロボット技術者は、今まで無人化施工には余り貢献していなかった。貢献していなかったから勉強すらしていなかったのですが、無人化施工のコミュニティーの方々が、私どもから見れば明らかにロボットというべき機械を持ち込んで、この問題に対処しました。これは、ロボットの研究コミュニティー、あるいは、ロボットの技術開発コミュニティーにとっては、自分たちの立場をもう一度考え直すべきであるという問題が提起されました。

緊急対応を過ぎて、今度は冷温停止の後も3号炉のガレキ除去などに、無人化の遠隔操作の機械が働いています。

ロボットが働くべきだと世の中の人々が思ったにもか

かわらず、かつロボット屋には手が出せなかった状態で、なぜ無人化施工が働いたかという点、それは正しく実環境・実作業のための現実的な優れた技術だったと言えます（図—20）。それはロボット技術屋としては学ぶべき話です。ここで無人化施工の技術が働いた背景としては、この技術が使いながら進歩してきたということがあります。同時に、いざというときに対応できる体制がありました。

- ・実環境・実作業のための現実的な優れた技術
 - ・ロボット技術屋としては学ぶべき
 - ・使いながら進歩してきた
- ・イザというときに対応出来る体制がある。
 - ・アライブな状態の機械、その情報の共有化
 - ・訓練されたオペレータ、運搬体制
- ・（非常時用と言いながら）90年代以来、常に使われて来た
 - ・我が国では常に（非常時的な）自然災害があった
 - ・国交省の工事発注。施工自体はビジネスとして成立（？）

図—20 無人化施工の強いところ

さて、幸いにしてか不幸にして、日本では常に非常時的な自然災害があったというのが、無人化施工の技術がうまく回っていた理由の一つであろうと考えています。改めてロボット技術屋としては、ニーズに基づいて開発された遠隔操作性は学ぶべき技術だと考えています（図—21）。また、現実にも広く働いている機械をベースにしているということも学ぶべきです。その技術を利用してその結果をフィードバックして、日常的な改良がなされ、使われながら進歩しているという状況こそ、私もロボット屋はきちんと学ぶべきであるというのが、私がロボットのコミュニティの中で大きな声で言っていることです。決して私が一人吠えているわけではなくて、そんなふうに理解をされております。

技術屋から見ると、無人化施工のシステムというのは大変多くの技術の集積であり、この技術集積こそロ

- ・実環境・実作業のための現実的な技術
 - ・ニーズに基づいて開発された、優れた遠隔操作性
 - ・現実に広く働いている機械・技術をベース
 - ➡ 自然な導入
- ・利用結果のフィードバックによる定常的な改良
 - ・使われ続けてきたから進歩した
- ・多くの（先進）技術の集積、システムとしての設計
 - ・（固定型ではなく）持って行けるシステム
 - ・多数の機械の協調による作業の実現

図—21 無人化施工に（ロボット技術屋として）学ぶべき点

ボットの技術だと思っています。あるいは、固定型じゃなくてどこでも行ける機械である点。さらに、実際には1台ではなくて複数の機械が、遠隔操作によってうまく協調して、一つの作業を実現している点は大いに学ぶべきことであって、これらはロボット技術がねらっている点そのものでもあります。

さて、21世紀に働くべきロボット技術としては、新しい何かを生むよりも、社会における問題を解決すべきだと考えています（図—22）。そしてもう一つは、とにかく現在快適な生活ができている。それをいかにして維持していくかということのために技術を働かせるべきであると思っていまして、無人化施工技術というのは、正しく好例になっていると考えています。

- ・技術開発のモチベーションを
 - 研究者・開発技術者と利用者・生活者が共有すること
- ・多くの人にとって解る技術
- ・（社会にとって）必要とされる新技術
 - ・より快適な生活のため
 - ・夢のため・楽しみのため
 - ・経済・産業の振興のため
- ・社会における問題点の解決
- ・現在の快適な生活の維持

➡ 無人化施工技術はその好例

図—22 21世紀に働くべきロボット技術

◆コーディネーター

昨年の震災の後、海外の調査ロボットなどが投入されて、日本のロボットはどうなっているかという報道があったように思いましたが、建設ロボットを使った無人化施工が有益な仕事をしているということをここで確認できたのが非常に嬉しいことと思っています。ロボットの分野の方々からも非常に高い評価を受けているということかと思えます。ただ、そこまで来ることができたのは、最初に田村さんから説明がありまして、雲仙普賢岳の復興プロジェクトを通じて、実作業を通じて技術を磨いてきたからだということが言えるのかと思います。

一方、そのプロジェクトもそろそろ収束に向かいつつあるのでしょうか。そうすると、技術を磨いていく実践の場を、これから作っていけなくなるという懸念もあります。そういった中で、いかにして建設用ロボット技術を維持、あるいは発展させていくかということは、非常に大きな課題になってくるのではないかと思います。

そういったところも含めて、次に関連団体というこ

とで建設無人化施工協会の植木さんから、これまでの到達点を実際に作業される方の立場からお話いただくとともに、どういったところが今後、課題となるのかという点をお聞かせください。

4. 建設無人化施工協会における無人化施工の現状と課題

●植木氏

無人化施工のきっかけとなりました平成2年の雲仙の写真です（図—23）。こういう状態の場所で復旧をどのように進めるのかという取り組みから試験フィールド制度を初めとして、営々と無人化施工の技術が進歩してきました。



雲仙普賢岳(火砕流) 平成2年11月

<http://www.csr.mlit.go.jp/unzen/> 参照

雲仙普賢岳(土石流跡) 平成2年11月

<http://www.csr.mlit.go.jp/unzen/> 参照

地域の安全を早期に確保するためには警戒区域内での施工技術が望まれていた。建設省は平成5年度より導入された試験フィールド制度を利用した無人化施工を平成5年7月に一般公募した。

建設無人化施工協会

図—23 無人化施工技術の導入

雲仙の噴火から約10年後に北海道の有珠山が噴火しました。洞爺湖温泉街のすぐ近くで起こった火山災害でした（図—24）。



図—24 有珠山における災害対応例

西山川地区では川が埋まり、橋も押し流されてしまうという状況になり、この復旧のために無人化施工技術が使われました（図—25）。

平成22年には鹿児島県の南大隅で大規模な土石流が発生し、下流のえん堤が流出しました（写真—3）。



図—25 西山川地区の被災状況



写真—3 鹿児島県南大隅町の被災状況（平成22年）

被災範囲を復旧していくために、ここでも無人化施工が使われました。

昨年は東日本大震災があり、福島原発の事故が発生しましたが、このように継承されてきた無人化施工の技術が、高放射線下でのガレキの撤去やその後の安定化への取り組みへの速やかな対応につながってきています。

無人化施工では、2次災害の危険がある災害発生現場に建設機械が入って作業をするわけですが、運転は安全で離れた場所に置いた操作室から行います。ここにオペレーターがいて、建設機械をリモートコントロールで運転します（写真—4）。作業箇所やその周囲、操作する機械の全てがカメラ映像を介して見ることで、作業ができるような画像のシステムですとか通信システムが使われて、全体が構築されますから、遠隔操作の建設機械があればできるというものではありません。

私ども建設無人化施工協会は、施工者、建機メーカー、通信機メーカー、レンタル業、あるいは航空会社といった無人化施工に必要な特殊な技術を有する企業で構成されています。協会の技術委員会では、災害発生時には行政の要請に従って災害現場を調査して、対応方法を提案することがあります。



写真-4 操作室

協会のホームページには、全国に点在する無人化施工が可能な特殊建機の配置と稼働状況を掲載しており、リアルな情報を管理して、皆さんに情報提供しています。

全国の無人化施工の実績も情報として管理、提供しています(図-26)。雲仙に非常にたくさんの仕事があったわけですが、それ以外にも緊急対策的なことは全国的になされております。



図-26 無人化施工の実績

無人化施工で使われる建設機械はブルドーザ、バックホウ、クローラダンプ、重ダンプなどが中心です(図-27, 28)。その他に特殊な機械としては移動カメラ車、中継車があります。遠くから離れてカメラで見ながら操作するためには、あちこちにカメラが必要で、人が入れないところにもカメラが行かなければなりません。ですから、カメラを積んで画像を撮りにいくための遠隔の機械などもあります。こういったものを組み合わせて全体が構成されます。

振動ローラ、清掃車のほか、ロボQといって、オペレーター席で操作レバーを動かすためのロボットもあります(図-29)。

無人化施工の課題についてご説明します。中越地震

＞ 施工方法・施工機械



ブルドーザ

バックホウ

(財) 先端建設技術センター 編

緊急時の無人化施工ガイドブック

【参考資料-6】(P47～) 参照

建設無人化施工協会

図-27 施工方法・施工機械 (1)



ダンプ(リジット、不整地)

移動カメラ車、中継車

(財) 先端建設技術センター 編

緊急時の無人化施工ガイドブック

【参考資料-6】(P47～) 参照

建設無人化施工協会

図-28 施工方法・施工機械 (2)



振動ローラ(ダム用)

レバー直動方式ロボット(ロボQ)

(財) 先端建設技術センター 編

緊急時の無人化施工ガイドブック

第4章 4.遠隔制御方式(P117～) 参照

建設無人化施工協会

無人清掃車(中型)

図-29 施工方法・施工機械 (3)

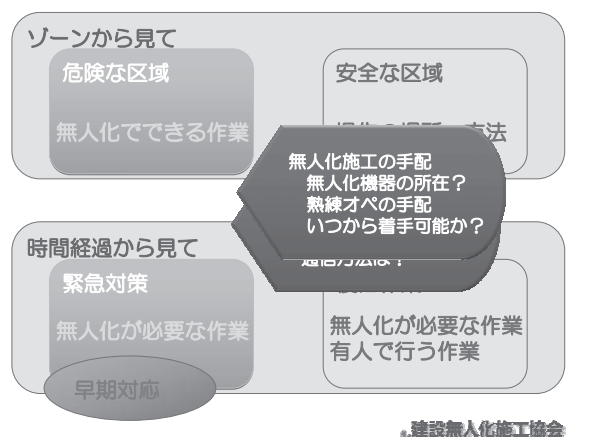
では、地震によって斜面が崩落しました(図-30)。余震が続く状況で災害対策をするためには、搭乗運転では二次災害の危険があるため、被災した車両を救助するためには無人化施工によりアクセス道路をつけないといけないといった状況になりました。

この状況では、危険な場所は特定されており、例えばこの写真を撮影している対岸では安全が確保されています。



図—30 中越地震による斜面崩落状況

無人化施工を考えるときに、今の写真のようにゾーンから見て危険な区域を明確に決める必要があります（図—31）。次に、危険な区域の中で無人化施工によって可能な作業は一体何かを決めます。同時に操作の場所や無線通信の方法を考える必要があります。

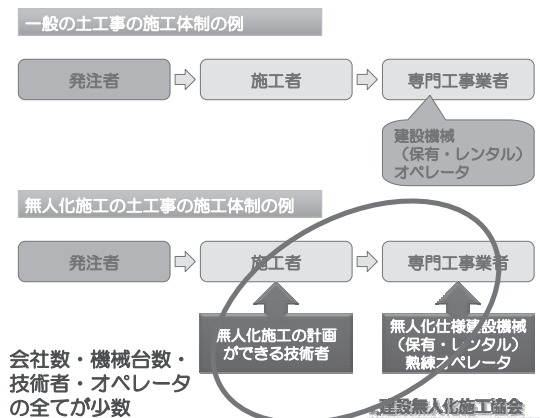


図—31 無人化施工導入の判断要素

これには経験と知識に基づく判断が当然要るわけで、どういう建機を選択するか、カメラをどこに据えたら操作がしやすいのか、を考慮してその場所に最適な選択をしなければなりません。

一方、災害が発生して時間が経過していく時系列の観点では、緊急対策と、その後の復旧作業に分けられます。緊急対策では無人化が必要な作業であるかどうか。それから、緊急対策が終わった後の復旧については、継続的に無人化が必要なもの、あるいは有人で行ってもいいもの、という判断が必要かと思います。緊急対策は当然早期の対応が必要ということになり、無人化機械は一体どこにあるのか、熟練オペレーターは一体どこにいるのか、それらを組み合わせると一体いつから作業ができるのかということを的確に判断しないと、無人化による災害復旧の対応がうまくできません。

もう一つの課題を説明します。一般的な土工事で建機を使って除石をする場合、通常は発注者があって、施工者があって、専門工事業者がいるというのが一般的な仕組みです（図—32）。施工者と専門工事業者が一体の場合もあります。



図—32 無人化施工の施工体制の例

建設機械は一般的にこのうちの専門工事業者が保有またはレンタルで調達したものを使用し、この会社に所属するオペレーターが運転するのが一般的な仕組みです。

無人化施工の土工事の施工体制でも、基本的に同じことになりますが、施工者の方に無人化施工の計画ができる技術者がいないと、当然できません。専門工事業者は無人化仕様の建設機械を調達できなければいけないし、映像による遠隔操作というのは急にはできないので、それに熟練したオペレーターが必要です。このような会社の数も、機械の台数も、技術者も、オペレーターもすべてが実は少数です。

無人化施工の現状と課題ですが、発注者が無人化施工の必要性をその場で判断するための判断材料と基準とは一体何なのかという考え方を整備していくことだと思います（図—33）。

一方、福島原発への対応にまでつながったのは、こういう仕組みの中で災害対応力が維持されてきたとい

- 「無人化施工が必要」との判断材料と基準
- 災害対応力の維持

18年で150件以上の事例

- 災害発生頻度は多い
- 民間企業の受注量としては・・・
- 無人化機器の更新が困難
熟練オペレータの伝承が

建設無人化施工協会

図—33 無人化施工の現状と課題

うことで、この継続性が一番大事だと思います。約18年の間に150件以上の事例があって、国土を襲う災害発生頻度としては、非常に多いというふうに思われます。しかし、民間企業の仕事の受注量の観点では、全国にわたって1年に数件という頻度になります。

建設業を取り巻く環境は非常に厳しいので、今、企業が所有するこういった機器の更新が困難であるとか、あるいは熟練オペレーターの伝承が難しくなっています。今、一部の機械が福島原発に入っていますし、機械と人材の確保が大きな課題となってくると考えております。

◆コーディネーター

18年で150件、これは全部災害時に適用された工事ですか？ 一般の工事への適用はありませんか？

●植木氏

例えば雲仙ではたくさんの工事が出ておりますが、この件数は小規模な土砂崩落などに使われているのをすべてカウントしています。一般の工事では、適用事例はないと思います。

◆コーディネーター

それからもう一点確認ですが、日本のこういう無人化施工のシステムは、基本的に民間業者が保有、管理していて、それを何かの時に使っていくというのが普通だと考えてよろしいでしょうか。

●植木氏

国土交通省が無人化施工の対応の遠隔の建設機械や分解型の建設機械を地域ごとに配備しています。それと民間が保有しているものを組み合わせて使うことになります。

◆コーディネーター

今日は北原さんに来ていただいています。北原さんは土木学会の建設用ロボット委員会で建設用ロボットの普及、発展にいろいろな活動をしていただいています。土木学会がどのような活動をしているかのご説明をお願いします。

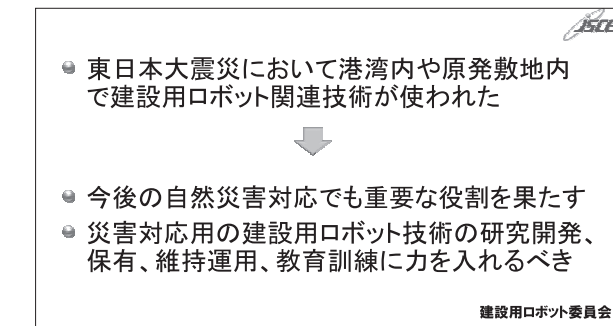
5. 土木学会の建設用ロボット技術の提言

●北原氏

建設用ロボット委員会の中に幾つかある小委員会のうちの一つ、明かり工事の技術分野を主に取り扱っている土木技術小委員会を担当しています。土木学会でするので建設用ロボット委員会は産学官、いろいろな方が参加しています。

昨年の3・11以降、災害対応に建設ロボットが使え

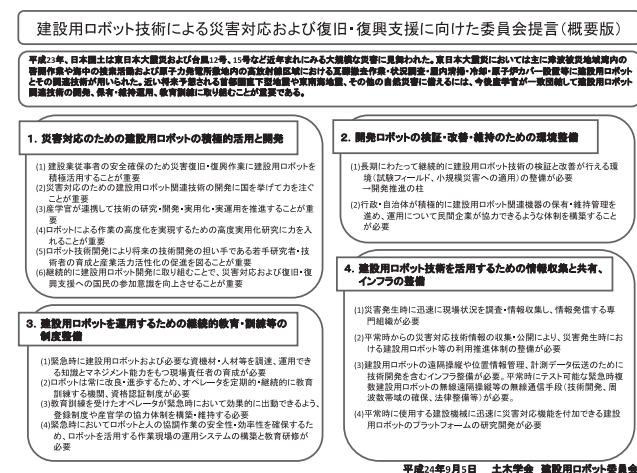
かという話が、建設用ロボット委員会の中でも起こりました。注意していろいろ見ていくと、ここに書かれているように、東日本大震災において、港湾内や原発敷地内での建設用ロボットの関連技術が使われてきたということがわかってきました（図—34）。それで、建設用ロボット委員会の中でも議論になり、もっと建設用ロボットをアピールすべきではないか。これをどうやって使っていくか、どうやって開発をしていくかということ



図—34 提言とりまとめの経緯

ここにも書いてあるように、建設用ロボットが今後の自然災害対応でも重要な役割を果たすと言われております。災害対応の建設ロボット技術の研究開発・維持・運用・教育・訓練にもっと力を入れるべきであろうという意見が出ました。

これは、委員会の中の提言の概要版です（図—35）。この概要版に沿ってお話をしていきますけれども、平成23年、日本国土は東日本大震災及び台風12号、15号など、近年希にみる大きな災害に見舞われた年です。この中で津波の災害とか海中の搜索活動、原子力発電所敷地内の高線量区域内におけるガレキの撤去・状況調査・室内清掃・冷却原子炉カバー設置等に建設用ロボットが、その関連技術とともに用いられて



図—35 提言の概要

います。近い将来予想される首都圏直下型地震、東南海地震、その他火山災害を含めて多くの災害に対して、今後、産学官が一致団結して建設用ロボット関連技術の開発、保有・維持運用を教育に取り組むことが重要だと考えて、この提言をまとめています（図—36）。

建設用ロボット技術による災害対応 および復旧・復興支援に向けた委 員会提言（概要版）

平成23年、日本国土は東日本大震災および台風12号、15号など近年まれにみる大規模な災害に見舞われた。

東日本大震災においては主に津波被災地域湾内の啓開作業や海中の搜索活動および原子力発電所敷地内の高放射線区域における瓦礫撤去作業・状況調査・屋内清掃・冷却・原子炉カバー設置等に建設用ロボットとその関連技術が用いられた。

近い将来予想される首都圏直下型地震や東南海地震、その他の自然災害に備えるには、今後産学官が一致団結して建設用ロボット関連技術の開発、保有・維持運用、教育訓練に取り組むことが重要である。

建設用ロボット委員会

図—36 提言の背景

提言の4つのポイントです（図—37）。まず1つには、災害対応のための建設用ロボットの積極的活用と開発。第2に開発ロボットの検証・改善・維持のための環境整備。第3に建設用ロボットを運用するための継続的教育・訓練等の制度整備。第4として建設用ロボット技術を活用するための情報収集と共有、インフラの整備といったものが挙げられます。

1. 災害対応のための建設用ロボットの積極的活用と開発

2. 開発ロボットの検証・改善・維持のための環境整備
3. 建設用ロボットを運用するための継続的教育・訓練等の制度整備
4. 建設用ロボット技術を活用するための情報収集と共有、インフラの整備

建設用ロボット委員会

図—37 提言の4つのポイント

各ポイントを細かく御紹介します。一つ目のポイントとして、災害対応のための建設用ロボットの積極的活用と開発という点では、第一に、建設業従事者の安全確保のため、災害復旧・復興作業に建設用ロボットを積極的に活用することが重要です（図—38）。この危険を回避するための運用が最も重要ではないかということで、一番先に書いています。

その次に、災害対応のための建設用ロボット関連技術の開発に、国を挙げて力を注ぐことが重要です。建設用ロボットについては、大変開発コストがかかります。こういったものについては国のような大きな機関

1. 災害対応のための建設用ロボットの積極的活用と開発

- (1)建設業従事者の安全確保のための災害復旧・復興作業に建設用ロボットを積極活用することが重要
- (2)災害対応のための建設用ロボット関連技術の開発に国を挙げて力を注ぐことが重要
- (3)産学官が連携して技術の研究・開発・実用化・実運用を推進することが重要
- (4)ロボットによる作業の高度化を実現するための高度実用化研究に力を入れることが重要
- (5)ロボット技術開発により将来の技術開発の担い手である若手研究者・技術者の育成と産業活力活性化の促進を図ることが重要
- (6)継続的に建設用ロボット開発に取り組むことで、災害対応および復旧・復興支援への国民の参加意識を向上させることが重要

建設用ロボット委員会

図—38 提言1（活用と開発）

でその開発に当たらないと、なかなか進まないであろうということで挙げています。

第3に、産学官が連携して技術の研究・開発・実用化、実運用を推進することが重要です。

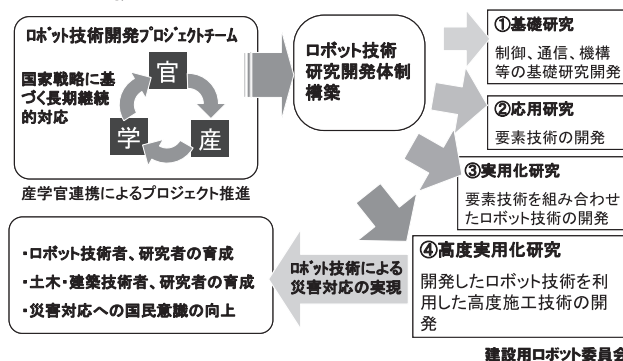
第4に、ロボットによる作業の高度化を実現するための高度実用化研究に力を入れること重要です。こちらは後ほど、また御説明いたします。

第5に、ロボット技術開発により、将来の技術開発の担い手である若手研究者・技術者の育成と産業活力活性化の促進を図ることが重要です。

最後に、継続的に建設用ロボットの開発に取り組むことで、災害対応及び復旧・復興支援への国民の参加意識を向上させることが重要だと思われます。

4番目に挙げました高度実用化研究についてご紹介します（図—39）。この図は建設用ロボット全体のプロジェクトの開発の状況を表したものですが、ロボット技術開発プロジェクトチームを国を挙げて作って、是非、産官学で連携してプロジェクトを推進していただきたい。これについては、ロボット技術の研究開発体制をしっかりと構築して、通常ですと基礎研究、応用

1. 災害対応のための建設用ロボットの積極的活用と開発（イメージ）



図—39 高度実用化研究

研究、実用化研究というものが考えられます。

こういった基礎研究から実用化研究を積み重ね、その上で、それらの技術を組み合わせることで、さらに高度化した高度実用化研究が必要です。これについては、開発したロボット技術を利用した高度な施工技術の開発と、実際の災害に対応するためのロボットが、どうあるべきかという研究が重要です。このロボット技術による災害対応の実現によって、ロボット技術者の育成ですとか、さらには土木・建築技術者、研究者の育成、災害対応への国民の意識が向上するといった効果も十分に見込めると考えられます。

2つ目のポイントですが、開発ロボットの検証・改善・維持のための環境整備です（図—40）。大きく2つに分かれていますが、第1に、長期にわたって継続的に建設用ロボット技術の検証と改善が行われる環境。先ほども出てきましたが、試験フィールド制度ですとか、小規模災害への適用といった整備が必要になります。こういったものが建設用ロボットの開発の推進の柱になるだろうと考えております。

2. 開発ロボットの検証・改善・維持のための環境整備

- (1)長期にわたって継続的に建設用ロボット技術の検証と改善が行える環境(試験フィールド、小規模災害への適用)の整備が必要
→開発推進の柱
- (2)行政・自治体が積極的に建設用ロボット関連機器の保有・維持管理を進め、運用について民間企業が協力できるような体制を構築することが必要

建設用ロボット委員会

図—40 提言2（環境整備）

2番目として、行政・自治体が積極的に建設用ロボット関連の機器の開発、保有・維持管理を進め、運用について民間企業が協力していくような体制を構築することが重要です。

3つ目のポイントですが、建設用ロボットを運用するための継続的教育・訓練等の整備です（図—41）。こちらの話は今までいろいろな方のお話からも出ていたように、現場の責任者の育成ですとかオペレーターの認定制度、緊急時の出動体制、さらにロボットを活用するための作業現場の運用システムの構築と教育研修といったものが必要であろうということで、提言として挙げています。

4つ目のポイントは、建設用ロボットを運用するための情報収集と共有、インフラの整備です（図—42）。このポイントについては、第1に、やはり災害時は情

3. 建設用ロボットを運用するための継続的教育・訓練等の制度整備

- (1)緊急時に建設用ロボットおよび必要な資機材・人材等を調達、運用できる知識とマネジメント能力をもつ現場責任者の育成が必要
- (2)ロボットは常に改良・進歩するため、オペレータを定期的・継続的に教育訓練する機関、資格認証制度が必要
- (3)教育訓練を受けたオペレータが緊急時において効果的に出動できるよう、登録制度や産官学の協力体制を構築・維持する必要がある
- (4)緊急時においてロボットと人の協調作業の安全性・効率性を確保するため、ロボットを活用する作業現場の運用システムの構築と教育研修が必要

建設用ロボット委員会

図—41 提言3（教育・訓練）

4. 建設用ロボット技術を活用するための情報収集と共有、インフラの整備

- (1)災害発生時に迅速に現場状況を調査・情報収集し、情報発信する専門組織が必要
- (2)平常時からの災害対応技術情報の収集・公開により、災害発生時における建設用ロボット等の利用推進体制の整備が必要
- (3)建設用ロボットの遠隔操縦や位置情報管理、計測データ伝送のために技術開発を含むインフラ整備が必要。平常時にテスト可能な緊急時複数建設用ロボットの無線遠隔操縦等の無線通信手段(技術開発、周波数帯域の確保、法律整備等)が必要。
- (4)平常時に使用する建設機械に迅速に災害対応機能を付加できる建設用ロボットのプラットフォームの研究開発が必要

建設用ロボット委員会

図—42 提言4（情報収集、インフラの整備）

報収集が大変重要です。現場状況を調査・情報収集し、発信する専門組織が必要であろうと考えられます。

2番目として、平時からの災害対応技術の収集・公開により、災害発生時における建設用ロボット等の利用推進体制の整備が必要になります。

3番目としては、建設用ロボットの遠隔操縦や位置情報管理、計測データ伝送のための技術発信を含むインフラ整備が必要です。平時にテスト可能な無線の周波数やシステムといったものが、法整備とともに必要であろうと考えられます。

最後に、平時に使用する建設機械を迅速に災害対応する機能を付加できる、建設用ロボットのプラットフォームの研究開発が重要だということです。

提言としては以上です。今後、土木学会の建設用ロ

- ホームページ他で情報発信
- ロボット学会他との連携
- 必要な開発技術・課題を具体化し提案

建設用ロボット委員会

図—43 委員会提言の今後

ボット委員会では、ホームページでこういった提言を発信し、ロボット学会、他学会との連携を深めていきたいと思っています(図—43)。さらに必要な開発技術と課題を具体化して提案していきたいと考えています。

◆コーディネーター

土木学会の建設用ロボット委員会は1980年代後半だと思いますが、バブルの真っ只中に、建設会社を中心に設立されました。当時は、人手不足が懸念され、土木に人が入ってこなくなり作業員が不足するだろうということから、かなり真剣に力を入れて開発研究がなされていました。その後、バブルが崩壊して経済が低迷する中で、先ほどお話がありましたとおり、雲仙普賢岳等の復興災害への対応システムとして成長してきたという経緯があります。土木学会の建設用ロボット委員会もそれと同じ歴史をたどりながら活動を進めてきたということですが、昨年災害が起こったのを機に、改めて建設用ロボットの有用性を確認して、社会にその必要性を発信していこうということで、先ほどの提言を出したということです。

他学会との連携という話がありましたが、油田先生、ロボット学会でもこういう提言を出すという動きはあるのでしょうか。

●油田氏

建設ロボットという話ではなくて、地震災害並びに原子力災害に対してロボットがどういうふうに働くべきかということでは、学術会議からも提言が出ておりますし、また、ロボット学会の中でもどう考えていくべきかと議論がされています。

ちょっと話は飛んでしまいましたが、JCOの事故の後、事故のための対応技術が開発されました。そこでは一定の技術開発がなされたのですが、結果としては試作されたロボットは維持されませんでした。長い目で見れば技術としては残っていますから、技術は使われたけれども、緊急対応には全然生きなかったと言えるでしょう。しかし、無人化施工がこういうふうに役に立っている、その体制こそが私どもが学習しなければならないという、一つの大きなポイントです。しかし、震災対応等について一般的なことをねらうとちょっと話が大き過ぎるので、なかなかまとまらないという状況でもあります。

◆コーディネーター

いずれにしろ、建設分野だけではなくて他分野も連携しながら、ロボットの開発研究を積極的に進めようという機運を、社会的に広めていきたいと考えているところです。

続きまして、今日は発注者を代表して宮武さんに来

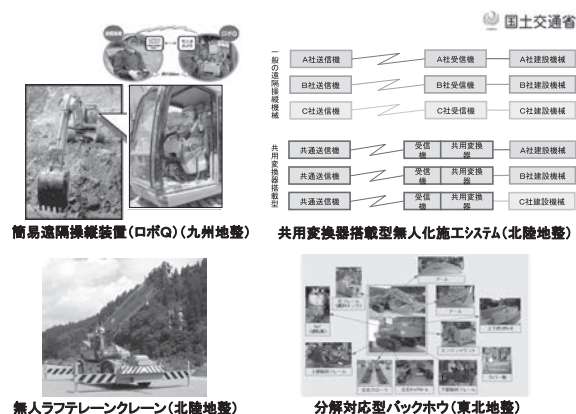
ていただいています。官側からの問題意識、その取り組みについて紹介をいただきたいと思います。よろしくお願いします。

6. 国土交通省の無人化施工への最近の取り組み

●宮武氏

最初に紹介するのは、雲仙普賢岳における無人化施工です。平成6年に試験フィールドで導入されました。雲仙普賢岳における無人化施工は、近代の無人化施工の出発点とも言え、その後の災害、有珠山の噴火災害、福島第一原発における事故対応、昨年度の紀伊半島での河道閉塞の対応などに寄与しております。

スライドは、国土交通省の地方整備局で開発しました無人化施工機械です（図—44）。左上は簡易遠隔操縦装置、先ほども話がありましたロボQといわれているもので、操縦席に汎用のロボットを据えつけて遠隔操作を行おうといった機械です。右上は共用変換器搭載型無人化施工システムです。一般の遠隔操縦機械の場合、メーカーごとにそれぞれ送受信機を使うと思いますが、メーカー、機種、形式が違って、一つの送受信機で遠隔操作ができるようにしようということで開発されたものです。左下は無人のクレーンです。



図一 44 国土交通省の無人化施工に関する取り組み

右下は分解対応型バックホウです。1立米のバックホウを分解し、ヘリコプターで輸送してできるようにすることによって、道路が途絶された被災地への迅速な対応をするために開発されたものです。

分解対応型バックホウは、昨年度の台風 12 号での紀伊半島の河道閉塞で活用されています（図—45）。この事例では、中部地整に配備していた分解型バックホウを、近畿地整管内の工場まで輸送し、そこで分解をして、ヘリコプターで運んで、現地で組み立てをし

委員は、今日も座長あるいはパネリストとして参画されています。油田先生、建山先生、植木さん、北原さんといった学識者、あるいは産業界の方々も含めて、幅広く議論をしていくことを考えています（図－49）。

		国土交通省
座長	油田 信一	芝浦工業大学 工学部 電気・電子学群（電気工学科）教授
委員	浅間 一	東京大学大学院 工学系研究科 教授
	高橋 弘	東北大学大学院 環境科学研究科 教授
	建山 和由	立命館大学 理工学部 建築都市デザイン学科 教授
	永谷 圭司	東北大学大学院 工学研究科 准教授
	鈴木 剛	東京電機大学 工学部 情報通信工学科 教授
	植木 睦央	建設無人化施工協会 会長
	岡本 直毅	（一社）日本機械土工協会 技術委員会 委員
	北原 成郎	（公社）土木学会 建設用ロボット委員会 土木技術小委員会 委員長
	立石 洋二	（社）日本建設業連合会 土木工事技術委員会 専門委員
	三浦 久	（一社）全国建設機械器具リース業協会 企画広報委員会 委員
	見波 潔	（一社）日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 所長
	山崎 豊彦	（一社）建設電気技術協会 企画部長
	渡辺 和弘	（独）土木研究所 技術推進本部長
		（行政委員を除く、敬称略、五十音順）

図－49 建設ロボット技術に関する懇談会（委員）

先月26日に第1回目の懇談会を開催していますので、主な御意見を簡単に紹介したいと思います。「災害がなければ無人化施工技術が使われないのであれば、技術の改善あるいは維持は難しい」、「普段から現場で活用する体制を目指すべきである」、「普段でも使え、かつ、災害対策ではこういう用途に使えますという、建設機械をつくるべき」「現場でのモチベーションという意味では、明確なゴールの設定が重要である」、「建設業界はいろいろな方々からなっている業界であるが、この業界の実態をよく踏まえて戦略的な検討が必要である」、「省庁連携によって上手に開発が進む枠組みが作れるといい」等、本日は紹介し切れない多くの意見をいただいたところです。

懇談会は、今後年度内にあと2回行い、取りまとめをし、公表していくことを予定しております。私どものホームページでは、懇談会で使いました資料、議事の概要を公開することとしておりますので、関心のある方は、是非見ていただければと思っております。

7. ディスカッション

◆コーディネーター

発注者として、国としての現状の認識と課題への対応策ということで説明をいただきました。

ここまでの、これまでの日本の無人化施工の到達点並びに、今わかってきている課題ということで説明をいただきました。今日のパネルディスカッションでは、無人化施工の技術が、今後もますます発展する必要が

あるということを前提に話をさせていただきたいと思っています。それはもう要らないという話になると、このディスカッションも終わってしまいますので、将来、例えば20年後を見据えたときに、恐らく無人化施工技術は今よりももっと一般的に使われているであろうことを想定し、それに向かって、今、我々が何をしなければならないのかということを後半では議論していきたいと思っています。

今からは2つの切り口に分けて議論させていただきたいと思っています。一つ目は先ほどありましたとおり、雲仙という大きなプロジェクトがあって、その中で無人化施工技術は磨かれてきました。ただ、雲仙普賢岳もそろそろプロジェクトとしては収束していくことになります。そういった時にこういった技術を、一つ上のレベルの技術にまで高めていくには、やはり何か別の仕組みが必要になってくるかと思っています。そういったあたりを一つの切り口として議論したいと思っています。

もう一つは技術的な側面です。今日、油田先生にもおいでいただいていますので、ロボットという分野から見たときに建設用ロボット、あるいは無人化施工技術、もっとこういう可能性があるのではないかというお話をいただけたらと思います。あるいは実際に無人化施工技術を開発してこられた方々からは、こういった技術があればいいとか、こういったところをもっと開発したいというニーズもお聞かせいただきたいと思います。その2つの切り口で、今から議論をしていきたいと思っています。

（1）蓄積された技術をさらに高めるための取り組みについて

◆コーディネーター

それではまず一つ目の切り口で、先ほど来お話がありましたとおり、日本の遠隔操作の技術、無人化施工技術は雲仙普賢岳を初めとする、災害で大きくなってきたということが言えます。植木さんの先ほどの説明にもありましたとおり18年で150件、そのすべてが災害の現場だということです。雲仙のプロジェクトがなくなると、あとは災害待ちで、実用できるのはそこしかないということになっていくと、民間企業がそういった技術を保持するのが非常に難しい状況になってくるかと思っています。

そう考えると、先ほどの宮武さんのお話の中でも少しありましたが、普段使いの機械として、普段の工事でも一部そういったものを取り入れながら技術を磨いていく場がこれから必要になっていくのではないかなと思っています。そのあたり、宮武さん、国としての

方針、あるいは方向性のようなものがありましたらお聞かせください。

●宮武氏

懇談会においても、普段から使っていくということが非常に重要で、いざ、災害の時に使ってくれといわれても、なかなか使えるものではないといった意見をいただいています。それは今日参加されている聴衆の方も、JOCの事故を教訓に作った機械が廃棄されていたといったことからご理解いただけるのではと思っています。このため、私どもとしてもどうやって普段から使っていくかということを、今後知恵を出していかなければならないと思っていますところ。

先ほど植木さんのパワーポイントの中で、無人化施工については全国的に使われているといったお話があったかと思います。あれが全て災害の現場というのではなく、必ずしも災害の現場ではなくても人が入ると危険であるとか、無人化施工しなければいけないといった現場もあったということがあるのであれば、小さい現場でも、あるいは工事全体の中で占めるウエートが小さい現場であっても使っていくといった工夫があるのではないかと思います。

雲仙普賢岳のような大規模な現場が、今後現れるかどうかということはわかりませんが、このような災害は起こらない方がいいのですが、いざという時に備え、どのように技術を確認していくのかということにつきましては、今後皆さんとともに議論を交わしながら、いい知恵、いい仕組みを作ることができればと思っています。

◆コーディネーター

お名前が出ました植木さん、実際に無人化施工を使われる中で一般の工事、普段使いの中でそういうことがあり得るのかどうか。それを行うに当たって課題は何かというあたりを少し、お考えをお聞かせいただけたらありがたいですが。

●植木氏

無人化施工に使用する建機は、普通の建機に無人化仕様の装置を後から乗せているという構造のものです。保有する業者さんは普段は普通の建機として使っています。いざ、無人化が必要だという時には、一旦工場に入れてその設備を付けて、その現地に送り込むという仕組みで運用しています。ただ、そういうふうにして使われるのが一体いつなのかということが、問題になる一つだと思います。

無人化施工は、人が入っては危険な場所で使われるのが当たり前のものです。それと引きかえに、カメラの画像で遠隔操作をするため作業の効率は落ちます

し、細かい作業はできません。ですから、必要な状況になれば使うという選択だと思います。それが一体いつなのかというのが非常に曖昧なので、そこが大きな課題と言えます。

災害の現場でも、危険性を判断して無人化を採用するジャッジを誰がするのかという根本的な問題があり、線引きが非常に難しいところです。ですから、無人化施工の普段使いという判断基準もなかなか難しいところがあるのかと思います。

◆コーディネーター

恐らくコストの問題であったり、あるいは実際の災害と普段の工事というのはまた違いますから、普段使っているから必ずしもすぐに災害で使えるというわけでもありませんので、そういったところの調整なども本当は必要になってくるかもしれませんが、やはり「普段使い」というのは重要なキーワードとして、是非押さえておきたいと思っています。

なぜ普段使いが必要かということ結局は常に使って、常に技術を磨いて向上させていくプロセスが必要だからだということだと思いますが、それが雲仙普賢岳のプロジェクトの中でこれまでなされてきたから今があるのだと思います。田村さん、プロジェクトの中でいろいろ失敗も重ねながら、今の技術が作り上げられてきたと思いますが、そういったフィールドが大事だということを、少し事例を挙げて紹介いただけたらありがたいのですが。

●田村氏

先ほど説明したように、何をやるにしても雲仙というフィールドがあったので、例えば有珠とか三宅とか、その後の災害で何か対応しなければいけないという時に、全部今まで培われた雲仙の技術をそこにボンと持って行けたわけです。それがあったから、今、全国150カ所ぐらいですかね、そういうところで多分やられてきていたと思いますが、その貯金箱がなくなると、どこからも何も持って来なくなるという状況が起きるのではないのかというのを懸念しています。

それでは普段使いでちょこちょこやっておけばいいじゃないかというのもありますが、先ほど私の紹介でも説明しましたとおり、機械の専門家、電気通信の専門家、土木砂防の専門家、皆がいなくてできない技術なので、そういう技術者が全員集まって意見を戦わせるようなフィールドは必要なのかと感じています。

◆コーディネーター

それはやはりある程度のサイズがあって、そういう多くの方が係わって作り上げる仕組みが必要だという

ことですね。

●田村氏

サイズというよりも質じゃないかと思います。高度な質のものをやり続けていけば、多分簡易なものはその蓄積の中でできるのではないかと。ただ、細かい簡易なものを日本中でやっているだけだと、多分簡易なものに段々退化していくという意味です。

◆コーディネーター

単に普段使いということではなくて、常により高い技術に持っていくための技術研鑽の場を整えたフィールドが必要だということですね。この点について、油田先生、お願いします。

●油田氏

先ほど申し上げました JOC の事故の後、経済産業省や科学技術庁が、事故の時に対応するためのロボット技術が必要と考え、海外の調査もして、こういう時に使えるというロボットが開発・試作されました。これは、ちょうど今回の福島で、原子炉建屋内で他のフロアに行っているいろいろな状況を見て、線量を測ってくるというモデルでした。

しかし、このような原子力対応ロボットの試作がなされたわけです。それが残念ながら、少しだけのテストをした後、維持する予算はなく、その時点では国内で原子力の事故は起こらないから、それ以上深くやる必要はないという社会的な共通理解のもとに、維持はされなかったということがありました。

大変不幸ながら、その後 10 年間で事故が起きました。今、廃炉に向けての作業のためのロボット技術や遠隔技術を担っておられる方々の中には、その時に技術開発に係わっておられた方が、まだ現役でおられるというのがせめてもの救いです。

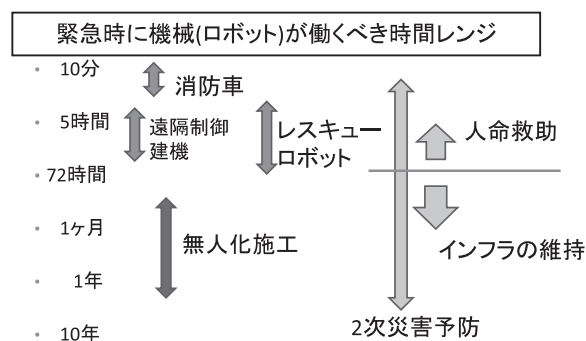
ただ、無責任な言い方をしますと、「その機械を維持して、いざというとき使うぞ」というつもりでとっておいたのでは、多分使えなかったと思います。なぜかというと、例えば、必要だと言いつつ機能を満載し過ぎて、特に福島第一の原子炉の中で働けるサイズではなかったというファクターがあります。そういう意味では、原子力対応としては、どんな事故が起こり得るかということを十分に想定して、それに対応するものが必要ですが、同時にそれを普段から使っていることが必要になります。

正しく、無人化施工の機械は、普段使いをしていたおかげで一定の役割は果たしました。とにかくいろいろな機械を常時きちんと使っているということは正しく必要です。しかし、ある程度事故を想定すると、それに対応したものを普段使うには、やはり使いにくい

ということが起こるのではないかと心配します。

土木学会の建設ロボット委員会の方々が、普段使いで建設ロボットを作ろうと言っているのは、私どもから見れば大変心強い。とはいえ、実際にはどんな所でというのを決めないで作っているというのは、ロボットとしてかなり弱いだろうと思います。それに対して無人化施工は、とにかくはっきり「この場で」と言って使われてきていたというのが圧倒的に強いわけです。単なる普段使いという以上に、とにかくこんなところでも使えるというところを、普段から頑張っておいていくというのを、いかにやるべきかということであろうと感じております。

この画面（図—50）を出してください。レスキューロボットでは、人命を相手にすると 72 時間が勝負です。つまり、ガレキの下に埋まった人が生きている可能性があるのは 72 時間だということで、レスキューロボットとしては 72 時間というキーワードで研究開発がされております。



図—50 緊急時への対応：事前準備の必要性

福島の事故では、クインスという名のロボットが原子炉建屋の中を見に行くのに使われています。これは、レスキューロボットで作ったものが、新たに作り直すことによって福島でも使われたという例ですが、そこでは 72 時間ということを使わずにその技術要素が使われました。この様に、その技術要素をアライブにしておくというのと、ロボットそのものをアライブにしておくというのは、ちょっと分けて考える必要があるだろうと感じているところです。

◆コーディネーター

普段使いの機械が緊急時において有効に使われるためには、速やかにそれが必要とされる場所に配備され、更にそれが機能を発揮することのできる環境を整えることが必要です。油田先生から、4月6日に無人化施工の技術が福島原発にいち早く取り入れられたという話がありました。その時に、日本のどこにどういう機械があって、オペレーターはどれだけいて、それら

をどう配置するかというような、ロジスティック面はうまく機能したのでしょうか。そのあたりの事情を植木さん、御存じでしょうか。

●植木氏

建設無人化施工協会で保有する機械の現況情報は、災害発生後に最新情報にすぐ更新し、最新の情報を提供します。今回の福島への対応は、直接協会として対応していませんが、各企業がこうした情報をもとにして、熟練オペレーターへの存在を確認した上で対応しています。

熟練のオペレーターは日本中に数十人いますが、実は雲仙普賢岳の工事に従事している人が大半です。彼ら熟練のオペレーターが、例えば全員福島原発に行ってしまうと他の災害に対応できませんし、遠隔と言いつつも被曝量の制限といったことがありますから、計画的にオペレーターを教育しながらローテーション体制が必要であるとか、短時間で考えながら、皆さん協力して、現在の体制を作ったということになります。

最初着手したガレキの撤去などは、準備期間が大変短いため長距離の遠隔運転システムを用意できず、実際に動いている建機と、50 m なり 100 m 離れた、遮蔽された運転室を持った車両が一緒になって動いていくような仕組みになっていました。

一方で、少し時間が経った後というのは、計画的に通信方法や建機を選択して、遠いところから運転するという手法に変わってきています。初動は正に今まであったものを、今までの情報網を使って、皆さんがそこに持ち込んだということになります。

◆コーディネーター

緊急並びに復旧時、それぞれ適切に対応できる仕組みができているということのようです。

ここまでは、無人化施工技術がより発展するために必要な仕組みということで議論をしていただきました。基本的には普段使いと言いつつも、さらにそれぞれの技術をより高いレベルのものに進化させていくようなシステムを入れた仕組みが必要だろうというお話かと思っています。これについては産官学が共同しながら議論し、その実現に向けて、努力していく必要があるということかと思っています。

(2) 無人化施工の今後の技術開発について

◆コーディネーター

それでは、2つ目のテーマに移りたいと思います。2つ目のテーマは、技術面の話をさせていただきたいと思っています。無人化施工技術はあるレベルまで到達しています。しかしながら、まだまだ技術面の課題は多

いと思います。

北原さん、実際に無人化施工技術を開発されている中で、こういうところはもっと改善しなければならないとか、こういう技術が必要だということをお考えになっておられたら、お聞かせいただけないでしょうか。

●北原氏

雲仙の試験フィールドが非常に重要だというのは、田村さんからお話があったと思いますが、この時の条件が非常に明快でした。200 ～ 300 m の範囲の中の巨礫の除去ですとか、100 m 以上の遠隔操作ということで明快なものに対して、当時、技術はここに沢山ありましたが、それを組み合わせて実現するということが全くなかったのです。この試験フィールド制度の価値の大きいところは、今までにないことを、多くの技術を組み合わせることによって、より高度な技術を実現したということです。

先ほど説明したように、高度実用化研究というのは正にその部分でして、その部分についての開発というのは、なかなか一企業でできることではありません。企業内では個々の要素は、技術は開発したりということにはなりますが、より大量の土砂を除去するとか、難しい火山への対応ということになると、企業の枠を超えてしまうことになります。そういった中で、例えば国のほうから明確な方向が示されると、より経営資本を集中するというか、研究投資ができるという格好になるかと思っています。

火山災害については、特に大震災の後、過去の歴史を振り返ると必ず大きな火山噴火があると言われております。数年の内にあるのではないかとと言われておりますが、こういうものについての技術開発は、実はまだ十分されているわけではありません。特に、火山灰等の除去になると大量の重機が走り回ることになる。こういったものについては先ほどもありましたように、無線の混信の問題ですとか、全体の重機をどうやってうまくコントロールするかという問題が出てきます。

そういった高度の遠隔操作技術が求められる反面、無人化施工そのものが実は大まかに言えば、作業効率が6割程度と、有人施工に比べて効率が落ちるという問題があります。これは五感情報が伝わらない、モニターだけでうまく現地の情報が伝わらないという問題ですが、これについては全く新たな分野と言いますか、空間認知の問題で、いかにオペレーターにいい空間情報を提供するか。五感情報のどの部分を伝えれば遠隔操作が進むのかといったような、非常に大きなテーマもあります。こういったものについては今後何十年かかるかわかりませんが、進めていくべき技術課題だろ

うと思っております。

◆コーディネーター

田村さん、砂防という場に無人化施工技術を取り入れていく上で、もっとこういう技術があればありがたいという話があればお聞きしたいのですが、いかがでしょうか。

●田村氏

今お話がありました、正に火山なんかはそうです。噴石がばらばら落ちてきているところで工事を進めなければいけない。いつ噴火するかわからないという中、それは正に無人化施工の活躍する場だと思いますし、もちろん、雲仙であったような火砕流を出す火山だっていっぱいあります。そういうところはもちろん、そういうものに強い機械、通信技術が必要だと思います。

それと、一般的な地震などで言えば斜面とかで、余震がある時の落石などがある所は、有人ではなかなか工事はさせられないだろうと思います。そうすると、余震が1日で終わればいいですが、3カ月、半年続く場合もありますので、そのまま何もしないでいいということにはならないので、やはり無人化施工が必要だろうと思います。

普通の機械を使い回すというのももちろんありますが、強固のというのか、補強をしながら使うというのにも必要かなと思います。それから一方で、現地まで機械が行ってしまえば何とかありますが、機械が搬入できないで数カ月、歯ごしりをしながら待つということがままあります。そういう意味では、国交省でも一部分解型の機械を開発していますが、そういう分解・搬入ができる機械なども、是非あってほしいと思います。

それと、大規模崩壊が起きると、紀伊半島の時もそうでしたが、大きい転石がいっぱいごろごろしていて、組み立て式の小さい機械を持って行ってももちが明かないようなこともあるかと思います。雲仙でも最初に取り組んだように大きい岩塊を破碎するようなパワーがある機械とか、まだ今の技術でネックになっている部分は幾つかあると思いますので、正にそういう点をいろいろな技術者が集まって、解決していくことが必要ではないかなと感じています。

◆コーディネーター

植木さん、効率や精度面では、まだまだオペレーター操作に追いつけないという話がありました。このあたりはいかがでしょうか。

●植木氏

カメラを見ながら運転するので、当然細かい作業はできませんし、作業効率も悪くなります。雲仙でも作業効率向上の追求は今までもなされてきましたが、オ

ペレーターの操作環境を整えることによって、通常人が乗っているのになるべく近づけるということはできると思います。そういう研究開発によっていろいろな作業の局面で使えるようになる可能性があると思います。

◆コーディネーター

今のお話は、バケットで掘削した時にその衝撃が離れて操作する操縦席にまで伝わるようなイメージででしょうか。

●植木氏

音や振動をどのように伝えると再現性が高いのかについては、いろいろな研究がされていますが、明確な回答は得られていません。いわゆるフライトシミュレーター的なものがあればいいのかもしれませんが、その製作費用が建設機械より高額になると思います。

一方で建設機械には、マシンコントロールやマシンガイダンスという情報化施工技術があって、現在の無人化施工の機械に組み込まれています。単に搭乗運転と同じ状況を再現するというアプローチではなく、様々な情報を組み合わせることで、作業効率の向上にはつながります。

ただ、装置を追加するごとに当然コストはアップしますので、適度なバランスで選択するのが現実的ですし、たくさん売れるシステムでなければコストは下がらないでしょう。

◆コーディネーター

それでは油田先生、ロボットという分野から見られた時に無人化施工、あるいは建設用ロボットと言っているものには、もっとこんな可能性があるのではないかという話がありましたら、お聞かせいただけたらと思います。

●油田氏

今、植木さんのお話は、基本的には人による運転性能と同じものを目指したいというお話でして、それが共通理解という気がします。しかし一方、遠隔操作をするという前提に立ったら、何かしらのもうちょっと違う自動化ができる部分があります。そういうところをいかにうまく作っていけるかも重要かと思います。ロボットとか自動化という立場から見て、次なるステップを考えるとすれば、遠隔無人化を前提とした段取りも含めてそれを具体的目的とした技術をいかに開発してゆくかということになると思います。

実はこれはロボットの世界で常にある問題ですが、工場の中をロボット化して、それを徹底すると結果として働いているのはロボットではなくて、ほとんど自動機械になってしまいます。この無人化施工や建設機械が特に災害に近いところで働くことの難しさは、工

場の中と違ってやはり定型にならない、決して繰り返すにはならない、そして何が起るかわからないところでいかにやるかというところの問題だからです。人が入れないというのを前提にするのに、人のパフォーマンスまで行けないとだめと言っていると、結局はうまくいかないでしょう。人のパフォーマンスをねらおうと思ったら、他の自動化の技術とどんどん結びつけて、ロボットではないものをねらってゆくことが必要という気がします。

このスライド(図-51)を出していただけますか。これはロボットの高度化に必要で、ロボット屋として何をやらなきゃいけないかと常日ごろ考えていることについてのスライドですが、今、皆さんのお話を伺いながら赤い色(当報告では、下線)を付けました。これは残念ながら、「私どもはこういう技術を持っております。ついては無人化施工の皆さん、是非使ってください」というリストではなくて、「こういうことをやらなきゃいけない」と思っております。ロボットをちゃんと動かすためにはこれが必要です」というリストになっています。これは無人化施工でやっている経験を教えていただき、それを私どもがうまく利用して、部分的にはもちろん、お返しすることができるという部分であろうと考えています。

- ・ 動作機能
 - センサ - 環境認識
 - アクチュエータ - 制御
- ・ 通信
 - ロボット間、ロボット-ステーション間
- ・ ロボットの知能
 - 動作計画、環境モデル、学習
- ・ 実世界対応技術・実問題対応技術
 - 物理的制約
 - 社会的制約
- ・ ヒューマンインターフェイス技術
 - 操作
 - 提示
 - 通信おくれへの対応
- ・ システムインテグレーション
 - 作業の分析
 - システム設計、作業の段取り

図-51 ロボットの高度化に必要な技術要素

ロボット屋が持っている問題意識と無人化施工が向いている技術の方向はかなり重なっているの、ロボット研究者としても無人化施工のグループと更にコミュニケーションが必要だと改めて思っています。

◆コーディネーター

無人化施工を前提とした施工法、確かに考え得る話だと思います。例えば情報化施工において施工管理にICTを入れるといった時に、従来の施工管理の方法をICTに置き代えるだけだと、ICTの持っている機能を十分発揮することができません。情報化施工を一段高い技術にするには、ICTを導入することを前提

として、施工管理の方法自体をどう変えていくのかを議論する必要があります。

それと同じで無人化施工も、無人化というのを前提に施工の方法、あるいはあり方を考えていくと、また新しい技術が出てくると思います。そういうことも含めて、ロボット学会は非常に頼もしい連携のパートナーだと思います。これからもどうぞよろしくお願いいたします。

最後に宮武さんに、こういう技術開発のニーズとシーズなどの機運を見据えて、発注者としての政策的な方針をお聞かせいただきたいと思います。

●宮武氏

まず、これからどうしていくかということについては、正にそのために建設ロボット懇談会を設置したので、その中でしっかりと議論をしていきたいと思っています。

今日のパネルディスカッションの中でも幾つかキーワードが出ているかと思います。産学官の役割分担、連携、例えば官と民との役割分担ですが、官が全てを持つことが本当にいいのか、あるいは民が全てを持つことがいいのかということではなくて、多分その中のどこかに接点みたいなものがあるのではと思っています。

私から今日は官が開発してきたものを幾つか紹介しましたが、官だからこそ必要な技術開発も当然ある。他方、民間のほうで技術開発をしていきたい、お願いをしたいといったものも当然ある。そういったことを今後、しっかりと議論していくということだと思います。

また、機械だけに注目するのではなくて、その活用のあり方、あるいは継続して人材を育成していく、教育をしていくといったことも非常に重要になってくると思っています。

今日は、災害時に使う無人化施工といったことに注目がされがちですが、社会資本が今後、老朽化していくことを踏まえ、如何にメンテナンス、維持管理をするかという課題もあり、こうした分野にも無人化の技術を活用していくということもあります。

ニーズとシーズといった話につきましては、懇談会においても今後、今日パネリストとして参画されている方々、あるいは学の方々、それから業界の方々、また、私どもの、特に現場を預かっている事務所、あるいはそういった経験のある方々にしっかり聞いていくといったところから、具体的な今後の方向性、施策を考えていきたいと思っています。

今日ここにお集まりの皆様方からいいお知恵がありましたら、是非私どもの方にいただければと思っています。

8. 会場の参加者との意見交換

◆コーディネーター

フロアから御質問、あるいは御意見、コメントなどがありましたらお受けしたいと思います。いかがでしょうか。

◎玉石修介氏（玉石重機株）

最後に建山先生から施工方法というお話が出た中で、私どもが施工しています無人化の現場で工夫した例を紹介します。

クローラダンプ、いわゆるキャタピラー駆動仕様のダンプですが、上部旋回型のタイプがありまして、私どもはそれを使っております。クローラダンプに荷を積んで、ラジコンで走らせておきながら、荷下ろしの場所に着く前に上部を回転させてしまうというやり方です。いわゆる無人機特有の施工法を取り入れています。これは人間が乗った形ではできない。当然目が回りますし、位置関係が確定できませんから。

ただ、ラジコンだからこそ、そういう施工方法ができて、それが施工の効率化、それから土壌の悪い災害地でしたので、実は往復するだけの行程ですと走行で傷める範囲が限られて済むのですが、上部が回転しませんが、荷下ろしのために向きを変えろということ、下ろす場所、積む場所で地面を傷めてしまう。そういうことも含めて、無人化機材の従来とは違う使い方というのは、そういう意味でもできていると考えています。

あと一つ、小さな現場でなんですけど、たまたま無人化機材を持っていたときに人手が足りなくて、現場で管理する者にラジコンを持たせて、ほんの20～30mの土の移動でしたが、乗らずに周囲の監視をしながら土砂を移動させたということもありました。ちょっとしたこともわかりませんが、施工方法から変えていくというのが、非常に有効ではないかなと感じております。

◆コーディネーター

貴重な情報でした。ありがとうございます。他にいかがでしょうか。

◎小葉賢一氏（西尾レントオール株）

バックホウの情報化施工は、マシンコントロールがまだ進まない。というのは、タイムラグが大き過ぎてなかなかうまくいかないということでした。以前に話し合いをした中で、いわゆる砂防ダムの砂取りが、地すべりの所だとかいろいろと危ない所があって、なかなかできないということが出てきましたが、この無人化施工、ロボット施工を活用し、バックホウをマシン

コントロールで行えば、タイムラグがあろうが何であらうが、施工効率としては相当落ちますけれども、十分に機能が発揮できるのではないかと思います。ですから、今まであった技術、今持っている技術の組み合わせもいろいろ考えれば、新たな活用が見込まれると思いますが、いかがでしょうか。

◆コーディネーター

北原さん、一言コメントをお願いします。

●北原氏

マシンコントロール、自律型のバックホウの掘削というふうに認識しますと、これについては過去に日立建機やキャタピラー・ジャパンといった建機メーカーがトライアルされています。課題としてはやはりコストの問題があります。それからバックホウ自体の問題は、制御対象が非常に複雑であることです。その対象が複雑なものに、どうやってマシンコントロールを適用するのかというところで、バックホウのブーム、アームの自由度が高いものですから、それだけ難しくなるというように聞いております。

大きな課題で、先ほど紹介があった建設技術開発助成制度の中で、大成建設が自律のロボットに取り組むという研究課題を今やられていますので、そういう研究も一つ、参考にされたいのではないかなと思います。重要なテーマだと思います。

9. おわりに

◆コーディネーター

今日のまとめとしましては、無人化施工技術、これまで発展してきたものを更に発展させるためには、普段汎用的に使うとともに技術を磨くことのできるフィールドが必要であるということが言えるのかと思います。これについては産官学が連携しながら、そういった場を充実させていく必要があると思います。

技術的には今日、幾つかのテーマをいただきました。そういったものを我々建設だけではなくて、ロボットの分野の方々と一緒に高めていく努力をする必要があると思っています。

本日は長時間にわたりましてパネルディスカッションを聴講いただきまして、まことにありがとうございました。またパネリストの皆様、多大な御協力をいただき、ありがとうございました。

それでは、パネルディスカッションをこれで終わりにしたいと思います。どうもありがとうございました。

CMI 報告

岩石の成因と力学特性

田辺 英夫

1. はじめに

岩盤を対象とした工事の地質調査では、ボーリングコアを用いた室内岩石試験が広く実施されており、主に一軸圧縮試験結果を基に岩石の強さの目安を示すものとして報告されている。

当研究所では、昭和39年の創立以来、トンネル、岩石土工、岩盤を対象とした基礎工事等の施工法検討、試験工事や、材料試験において、数多くの室内岩石試験を実施してきた。

岩石の力学特性は、岩石の成因と密接に関係していると推察される。そのため、本報告は当研究所が実施してきた室内岩石試験結果を基に、岩石の成因によって区分し、その性質を整理したものである。

2. 室内岩石試験の概要

当研究所で実施している室内岩石試験の項目は、一軸圧縮試験、圧裂引張試験、超音波伝播速度測定（ V_p 、 V_s ）、かさ比重測定、ショア硬度試験である。

(1) 一軸圧縮試験、圧裂引張試験

一軸圧縮試験は、JIS M 0302に従い、 $\phi 30\text{ mm} \times L60\text{ mm}$ の供試体を基本としており、圧裂引張試験はJIS M 0303に従い、 $\phi 30\text{ mm} \times L30\text{ mm}$ の供試体としている。

供試体の数は3～5個を基本とし、試験結果はその平均値としており、各図に示した強度は平均値である。

供試体は、各現場からブロックサンプルを持ち帰り、当研究所職員がコアリングして丁寧に端面整形を行い、供試体の中に割れ目が入らないように作成することを心掛けている。

供試体の中にヘアクラック等が入り、3～5個の試

験結果にばらつきが生じた場合には、予備の供試体を用いて試験を追加し、3～5個の試験結果に割れ目によるばらつきが極力入らないようにしている。

なお、地質調査ではボーリングコア（ $\phi 50\text{ mm}$ ）を用いて試験が行われているため、岩石が新鮮であるにもかかわらず、小さな強度が報告されていることを目にすることもある。この場合は、供試体が大きいため、割れ目の影響で強度が小さくなっていると考えられる。そのため、破壊後の記録写真を見て試験結果を判断することが重要である。

(2) 超音波伝播速度およびかさ比重測定

超音波伝播速度（ V_p 、 V_s ）は、地盤工学会基準のJGS 2110に従い一軸圧縮試験の供試体を超音波が伝播する時間を測定して求めている。

かさ比重は、地盤工学会基準のJGS 2132 ノギス法に従い、一軸圧縮試験の供試体を用いて、その寸法および重量を測定して求めている。

(3) ショア硬度試験

一軸圧縮強度、圧裂引張強度が岩石の強さを表しているのに対し、ショア硬度は岩石の硬さを表す指標として実施している。

供試体は、 $10\text{ cm} \times 10\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ 程度の四角に切り出した岩片の片面を研磨して供試体としている。

ショア硬度の測定は、ダイヤモンド半球を取り付けたハンマを落下高さ19 mmで自然落下させた反発硬さを測定したものである。試験は、100点（1点5 mm 四方）の反発硬さを測定し、度数分布図を作成するとともに、平均値を求めており、図示した値は平均値である。

3. 室内岩石試験結果

室内岩石試験結果は、岩石の種類を成因によって①火成岩類、②変成岩類、③堆積岩類の地質グループに区分して整理した。以下に示す各図では、火成岩類を○、変成岩類を▲、堆積岩類を×で示している。

表—1に試験個数を示す。

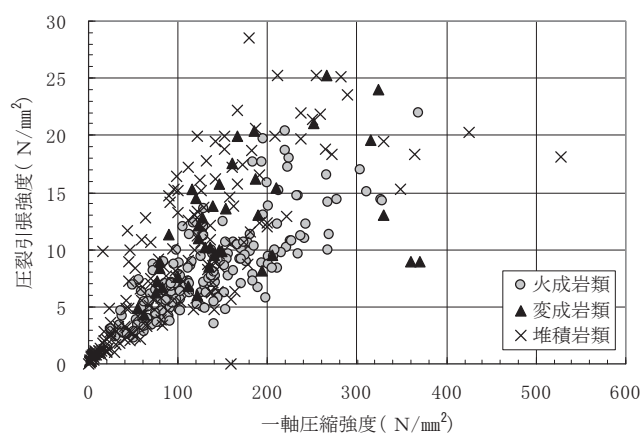
(1) 一軸圧縮強度と圧裂引張強度

図—1に一軸圧縮強度と圧裂引張強度、図—2に一軸圧縮強度とぜい性度を示す。ぜい性度とは一軸圧縮強度を圧裂引張強度で除した値で、岩石の壊れやすさを示す指標である。

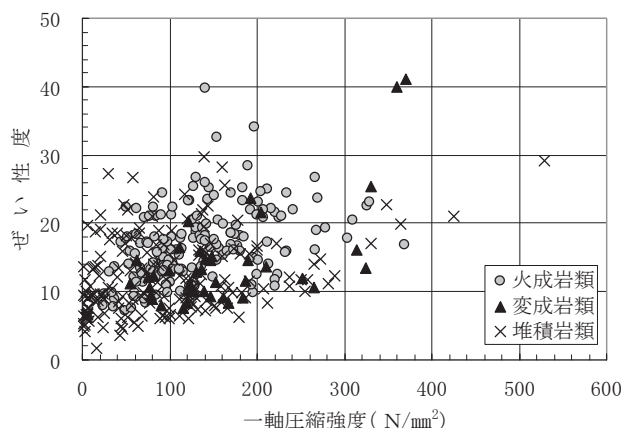
一軸圧縮強度は、岩石の種類に係わらず、概ね

表一 試験個数

地質グループ	①火成岩類	②変成岩類	③堆積岩類
岩石の種類	花崗岩 花崗閃緑岩 花崗斑岩 流紋岩 安山岩 玄武岩等	泥質片岩 緑色片岩 片麻岩 ホルンフェルス等	砂岩 頁岩 泥岩 チャート 第四紀の凝灰岩類等
一軸圧縮試験	199	36	217
圧裂引張試験	162	33	163
ぜい性度	155	31	163
超音波伝播速度測定	111	26	57
かさ比重測定	193	35	196
ショア硬度測定	123	18	98



図一 一軸圧縮強度と圧裂引張強度



図二 一軸圧縮強度とぜい性度

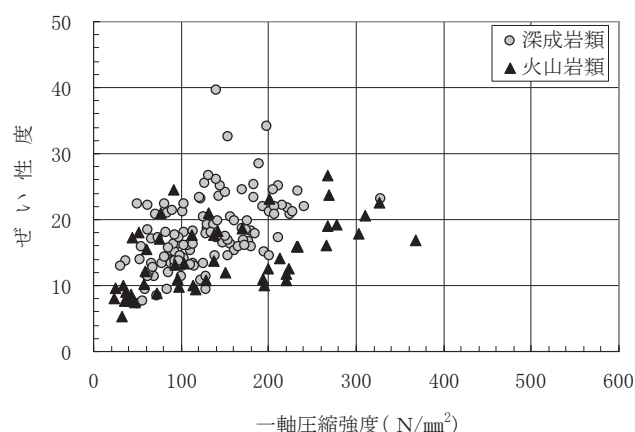
300 N/mm²以下を示しているものが多い。堆積岩類は、100 N/mm²以下を示す新第三紀の泥岩、第四紀の凝灰岩類から、300 N/mm²以上を示すチャートまで、強度の幅が大きい。変成岩類は、源岩（変成を受ける前の岩石）の種類や、変成度によって強度の幅が大きくなっており、7～370 N/mm²を示している。

一軸圧縮強度と圧裂引張強度の関係（図一）を見ると、同じ一軸圧縮強度を示しても、堆積岩類と変成

岩類の圧裂引張強度は、火成岩類よりも大きな値を示す傾向にある。これを図一2に示す一軸圧縮強度とぜい性度で見ると、火成岩類のぜい性度は概ね10～30を示すのに対し、堆積岩類と変成岩類は10前後を示し、圧裂引張強度が相対的に大きいものが多いと見られる。

火成岩類は、マグマが時間をかけて冷却して等粒状組織を示す深成岩類と、急激に冷却して斑状組織を示す火山岩類に区分される。そのため、火成岩類を深成岩類（○）と火山岩類（▲）に区分して、図一3に火成岩類の一軸圧縮強度とぜい性度の関係を示す。同図より、深成岩類はぜい性度が15～20を示すものが多く、火山岩類は15未満のものが多く見られる。

これは、火山岩類は急激にマグマが冷却する際に十分に結晶化しなかった石基（肉眼では識別できない鉱物やガラス質の部分）を多く含んでいるのに対し、等粒状組織を示す深成岩類は鉱物の間から破壊が進み、壊れやすくなっているものと考えられる。



図三 火成岩類の一軸圧縮強度とぜい性度

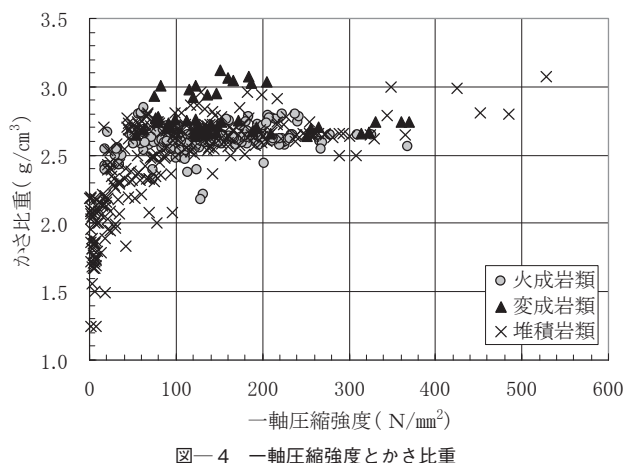
(2) 一軸圧縮強度とかさ比重

図一4に一軸圧縮強度とかさ比重の関係を示す。

火成岩類は、一軸圧縮強度が100 N/mm²以下を示すと、風化が進行していると考えられるが、かさ比重は風化の影響が小さく、2.5 g/cm³以上の値を示している。

変成岩類は、変成作用によって、比重の大きな鉱物から構成されるため、かさ比重は3.0 g/cm³前後を示すものも見られる。

堆積岩類のかさ比重は、一軸圧縮強度が100 N/mm²以上では、2.5 g/cm³以上を示しているが、100 N/mm²以下では急激に小さくなる。これは、時代の新しい新第三紀泥岩や第四紀凝灰岩類の固結度が低いため、かさ比重が小さくなっていることを示しているも

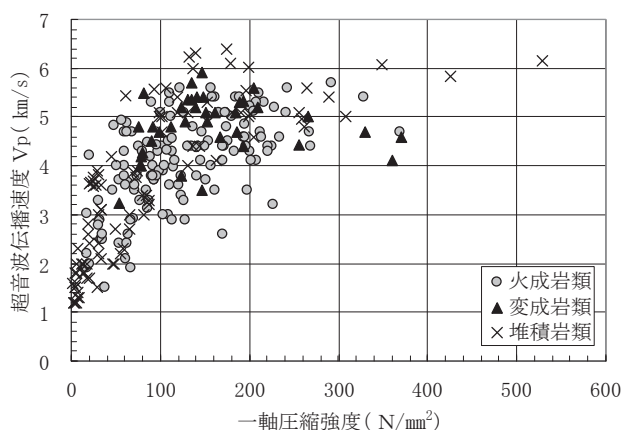


図—4 一軸圧縮強度とかさ比重

のと考えられる。

(3) 一軸圧縮強度と超音波伝播速度 (V_p)

図—5 に一軸圧縮強度と超音波伝播速度 V_p の関係を示す。

図—5 一軸圧縮強度と超音波伝播速度 (V_p)

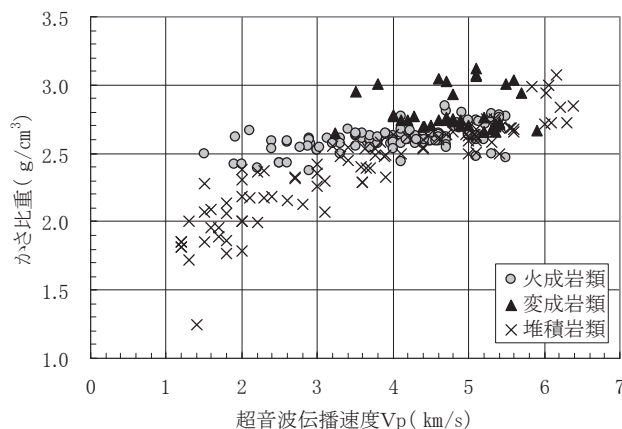
火成岩類の超音波伝播速度 V_p は 1.5 ～ 5.8 km/s、変成岩類は 3.2 ～ 5.9 km/s、堆積岩類は 1.2 ～ 6.4 km/s を示している。

火成岩類、変成岩類は、風化岩を含んでいるため、低い速度を示すものも見られるが、一軸圧縮強度が 100 N/mm² 以上では、変成岩類の超音波伝播速度の方が大きな値を示している。堆積岩類は、風化岩に加えて、新第三紀泥岩等の新鮮であっても低い速度を示すものも含んでおり、一軸圧縮強度が 100 N/mm² 以上では、6 km/s 以上のもの（中生代の砂岩や珪質凝灰岩等）も見られ、岩石の種類や生成時代によって速度の幅が大きくなっている。

地質グループに関係なく、一軸圧縮強度 200 N/mm² 程度までは、超音波伝播速度 V_p も上昇傾向にあるが、200 N/mm² を超えると、超音波伝播速度 V_p は速度の上昇が小さくなる傾向にある。

(4) 超音波伝播速度 (V_p) とかさ比重

超音波伝播速度 V_p とかさ比重は、密接な相関関係を示すと言われているため、図—6 に超音波伝播速度 V_p とかさ比重の関係を示す。

図—6 超音波伝播速度 (V_p) とかさ比重

火成岩類の超音波伝播速度 V_p は、1.5 ～ 5.8 km/s を示すが、かさ比重は 2.4 ～ 2.8 g/cm³ 程度を示し、速度が上昇しても、かさ比重は大きく変化しない傾向にある。

変成岩類の超音波伝播速度 V_p は、3.2 ～ 5.9 km/s を示すが、かさ比重は 2.6 ～ 3.1 g/cm³ 程度を示し、速度が上昇しても、かさ比重は大きく変化しない傾向にある。また、変成岩類は火成岩類と比較すると、かさ比重、超音波伝播速度とも大きな値を示している。

これに対し、堆積岩類の超音波伝播速度 V_p は、1.2 ～ 6.4 km/s を、かさ比重も 1.7 ～ 3.1 g/cm³ 程度を示し、速度の上昇に対して緩やかな上昇傾向を示している。堆積岩類は、前記 (2)、(3) で記したように、岩石の種類や生成時代によって大きな幅を示している。

(5) 一軸圧縮強度とショア硬度

図—7 に一軸圧縮強度とショア硬度の関係を示す。

地質調査でショア硬度測定が行われている事例は少ないが、当研究所ではビットやカッターヘッド等の摩耗との関係を調査するため、数多くのショア硬度測定を実施している。

ショア硬度を比較すると、火成岩類が最も大きく、次いで堆積岩類、変成岩類の順となる。

火成岩類のショア硬度が大きいのは、試験を行ったものが花崗岩類が多かったことによるものと推察され、また、変成岩類が最も小さいショア硬度を示すのは、軟らかい有色鉱物で構成されているためと考えられる。

火成岩類の内、石英を多く含む花崗岩類や流紋岩等

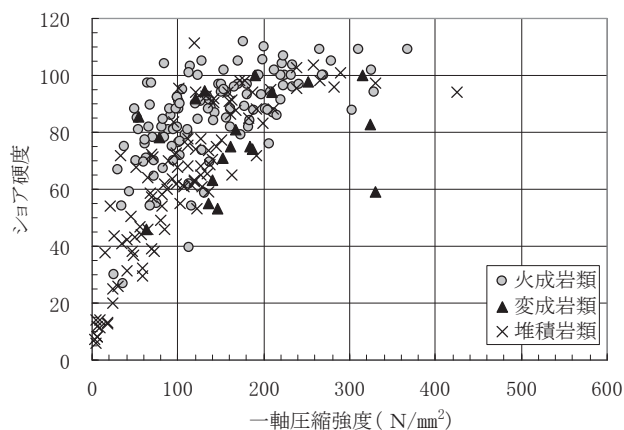


図-7 一軸圧縮強度とショア硬度

の酸性火成岩類のショア硬度は大きくなる傾向にあるため、石英を含まない中性～塩基性火成岩類とに区分した図を図-8に示す。同図は、酸性火成岩類を○、中性・塩基性火成岩類を▲で示している。

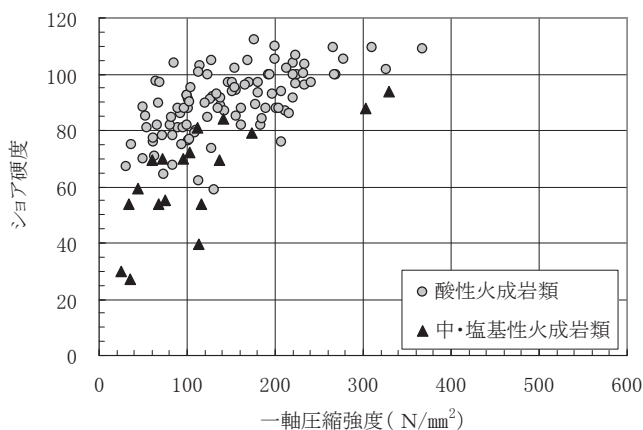


図-8 火成岩類の一軸圧縮強度とショア硬度

酸性火成岩類は、80～110程度を示すのに対し、中性・塩基性火成岩類は、80を超えるものが稀である。

ショア硬度の測定は、ダイヤモンド半球を取り付けたハンマを自然落下させた反発硬さを測定するものであり、1点毎の測定値は岩石を構成する鉱物の反発硬さを測定している。

自然界で一般的に見られる鉱物の中で最も硬い鉱物は石英であり、経験的に石英のショア硬度は100以上を示すことが多い。また、長石類は80～95程度、雲母類は60前後を示すことが多い。

酸性火成岩類は、石英と長石類を多く含むため、ショア硬度も大きくなるものと考えられる。

4. おわりに

本報告は、施工技術総合研究所における岩石試験結果を岩石の種類によって整理し、報告したものである。

前記3で記した試験結果をまとめると、以下のようになる。

- ①火成岩類は、強度が大きく、ぜい性度はその組織の違いによって、火山岩類の方が深成岩類よりも小さく、いわゆる“しわい岩石”となる。また、硬さを示すショア硬度は、マグマの成分によって石英を多く含む酸性火成岩類の方が中性～塩基性火成岩類よりも大きくなる。
- ②堆積岩類の強度は、チャート、砂岩、泥質岩（頁岩、泥岩）の順に小さくなり、また、生成時代が古い方が一般的に強度が大きくなる。
- ③変成岩類は、変成作用によって生じた比重の重い鉱物から構成されるため、かさ比重が大きく、超音波伝播速度も大きい値を示すが、ショア硬度は小さくなる。また、強度は、源岩の種類や変成度によって、強度の幅が大きく異なっている。

試験結果より、新鮮な岩石の強さや硬さ等は、岩石の成因によってある幅を持ち、密接な関係が見られることが確認できたものと考えられる。

通常、地質調査で行われる室内岩石試験は、一軸圧縮試験のみが行われている例が多い。しかし、当研究所の試験結果より、一軸圧縮強度が同じ100 N/mm²を示しても、岩石の種類によって、壊れやすさを示すぜい性度や、ビットの摩耗等に影響を及ぼす岩石の硬さは異なってくる。

したがって、設計を行う際は、地質調査で示された一軸圧縮強度を基に、その目的に応じて他の岩石物性を推定して取り扱うことが重要となる。

今回報告した室内岩石試験結果が、土木工事の設計・施工の一助になれば幸いであり、当研究所では、今後も室内岩石試験を行い、データの充実を図っていく所存である。

J C M A

【筆者紹介】

田辺 英夫（たなべ ひでお）
一般社団法人日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所 研究第一部
主任研究員



部 会 報 告

ISO/TC 127 (土工機械) 2012 年 12 月 イタリア国ローマ市での国際作業グループ会議報告

ISO/TC 127/SC 2/WG 9 (ISO 20474 土工機械—安全) 会議 及び
ISO/TC 127/SC 1/WG 5 (ISO 5006 視界性) 会議 及び
ISO/TC 127/WG 8 (ISO 10987 土工機械—持続可能性) 会議

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家 (Expert)

砂村 和弘 (日立建機), 原 茂宏 (コマツ), 西脇 (事務局)

2012年12月上旬に、国際標準化機構 ISO/TC 127 (土工機械専門委員会) 傘下の国際作業グループ会議が、イタリア国ローマ市で順繰りに開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家 (Expert) として出席の各氏の報告を紹介する。

なお、今回出席の Antonio Bonano 博士の所属する IMAMOTER (農業機械建設機械研究所) などのイタリア国公的研究機関を傘下とする Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR 国立研究審議会) のビル (テルミニ駅から 10 分程度のところ) の会議室を提供いただいて経費を節減している。

また、ISO 国際標準化に関しては財団法人 JKA からケイリンの補助金を得ており、事務局の出張航空運賃、国内対応委員会実施などをご支援いただいている。



1. ISO/TC 127/SC 2/WG 9 (ISO 20474 土工機械—安全) 国際会議出席報告

1.1 開催日：平成 24 年 12 月 3 日 (月), 4 日 (火)

1.2 出席者：下記計 12 名出席

スウェーデン 2：NILSSON, Stefan, Mr. (Volvo), LEUFSTADIUS, Herman, Mr (スウェーデン規格協会 SIS), 米国 4：ROLEY, Daniel, Dr., CROWELL, Charles, Mr. (Caterpillar), WEIRES, Rick, Mr (Deere), NEVA, Steve, Mr. (Bobcat / 斗山), フランス 1：JANOSCH, Jean-Jacques, Mr. (Caterpillar France), 英国 1：BAKER, Roger, Mr (JCB), イタリア 1：BONANO, Antonio, Dr. (農業機械建設機械研究所 IMAMOTER), 日本 3：砂村 和弘 (日立建機), 原 茂宏 (コマツ), 西脇 徹郎 (協会)

コンビナー (作業グループ主査) 兼 ISO 20474 改正プロジェクトリーダー (PL)：前記 NILSSON 氏

幹事事務取扱 (Secretary)：前記 LEUFSTADIUS 氏

なお、両氏は CEN (欧州標準化委員会) /TC 151 (建設装置及び建設資材機械—安全性) /WG 1 (土工機械—安全性) のそれぞれコンビナー及び幹事として EN 474 規格群の改正などを担当する立場にもある。

1.3 主要議題, 議決事項, 特に問題となった点及び今後の対応についての所見：

- ・以前から問題になっていた中国向けには安全割引基準 (レベル 1) を作る案は、依然、途上国向けに必要なオプションであると ROLEY 博士は言っているが、先進各国参加者の反対が多く、また、中国は ISO 20474 のレベルに追い付いてくだろうという予測から、本文に書きこむのはやめにして、指針の附属書を付けることとした。
- ・この規格は土工機械の安全に関する欧州整合化規格 EN 474 と完全には一致していないものの、EN 474 の改定は適宜織り込んでできる限り整合を図る必要がある。次回は EN 474 改正を検討する会議の前日 2013 年 6 月 11 日・12 日に同じストックホルム市にて実施予定で、欧州勢が両方出易いようにする。

1.3.1 ISO 20474 改正の方向性に関する論議：下記の如く論議され、上記の如くレベル 1 は附属書で指針として扱う方向となった。

- ・ISO 20474 (≒ JIS A 8340 規格群) の動向に関する情報：従来からロシア、中国、インド、湾岸諸国、アルゼンチン、チリなどに (国際連合欧州経

済委員会・技術規制協調及び標準化政策に関する作業部会 UNECE/WP 6 の活動として) ISO 20474 の適用を働きかけてきていて、ISO 20474 はその存在を世界中に知られている。また、韓国、ブラジルなどが ISO 20474 に基づく規格を作成中と紹介された。

- ・レベル 1 とレベル 2 に区分すべきかとの点に関して：

(ROLEY 博士) 中国、インド、ロシア等の現状の技術では、全面的に ISO 20474 を守るのは困難であり、レベル 1、2 の区分が必要で、レベル 1 から 2 へゆくのに、一朝一夕にはいかないから、5 年の猶予期間を設けよう。インドでは現時点では機械に ROPS を装着させてはいない。(そのような状況下で) レベル 1 を規定すれば、不公正な競争を解消するのに役立つ。中国は数年でレベル 2 を実現すると思われる。

(付記：各国では規格そのものの適用は任意であるが、中国の場合は規格は即ち法規制なので強制的に適用される問題があるという点もあわせて示唆された。)

(日本) レベル 1 の区分は、現時点の案文では内容が不明確で製造業者としては対応が困難となり、途上国の実情に対応する必要はあるものの、ISO の規定が変更されて技術仕様書 ISO/TS は 6 年以上継続可となったこともあり、各国・各地域の規定をまとめた第 14 部の TS で扱うべきと主張(日本から方針書をあらかじめ提出)。また、レベル 1 の内容に関して、中国など途上国代表を招いてはどうかと発言。

(Neva 氏) 途上国向けの指針という形でまとめたら良いのでは。いっそのこと、先進各地域の要求も含めた指針を附属書にしたらどうか。→ 附属書案を次回会合までに作成(担当国のスウェーデンが実施)とされた。

1.3.2 ISO 20474 に追加すべき項目の論議：

- ・(Neva 氏) ISO 6165 (≒ JIS A 8308) (基本機種一識別、用語及び定義)改正に伴いコンパクトツールキャリア、小形の立ち乗り式ローダ、ハンドガイド式ローダ、ミニ不整地運搬車なども対象に含めるべきことを指摘された。
- ・SAE のコンパクトツールキャリアの安全に関する Recommended Practice が発行された。
- ・TC 127 ブラジル総会での合意事項として、TC 127/WG 7 でこれらの機械を扱うこととなり、EN 474 と重なる点が多いとされ、WG 7 を今後

は SC 2 に移行するであろう旨を指摘された。

- ・ISO 13849-1 (= JIS B 9705-1) に基づく機械制御の新業務項目提案が進行することとされていて先々それを反映する必要が生じる。なお、TC 127 ブラジル総会では、この案件を検討する国際 WG の主査は JCB 社の Ireland 氏とされているが、同氏が長期休暇中なので、IMAMOTER の Paulozzi 博士が就任見込とのこと。

付記：機械の電子制御に関する ISO/TS 15998-2 のプロジェクトリーダーであった Deere 社 Weires 氏は、この案件が規制当局(特にドイツ法的損害保険の職業保険組合)主導となることを懸念しており、製造業側の JCB 社 Ireland 氏の主査就任を望んでいたが、Ireland 氏の事情によって、公的研究機関に所属する Paoluzzi 博士が就任する見込みとなり、中立機関ではあるがむしろ懸念された規制当局側主導となるものの、リスクアセスメントに関する元の規格である ISO 13849 と IEC 61508 の評価基準に差異がある状況下で神学論争となることが予想されるので、明敏な頭脳の持ち主である Paoluzzi 博士の主査就任はむしろ歓迎すべきこととも感じられた。

- ・ISO 14990 (機械で使用する電気駆動並びに関連構成部品及び装置の電気安全) が Weires 氏を担当として進行中で、先々それを反映する必要が生じる。

1.3.3 ISO 20474-1 改正案と CEN の欧州規格 EN 474 改正案との整合を図る場合の問題点についての検討：

(全般) CEN の EN 474 規格群改正活動に関して次の如く紹介された。

- ・WG 1 で移動式解体機械に関して EN 474-1 の附属書 G として(ショベルの解体仕様含む)案文を明年 1 月末までに作成予定
- ・EN 474 規格群の各機種毎の第 2 部以降は、案件の重要度により区分して検討中(～ 5/17)
- ・CEN/TC 151/WG 1 は来年 6 月 13 日、14 日にストックホルムで会合予定

(個別の要求事項の検討)

- ・運転員位置における放射音圧レベル及び関連する運転取扱説明書記述：EU のフィジカルエージェント指令との関連からか、放射音圧レベルが 70 dB を超える場合は取扱説明書に記述とされ、ISO 4871 に従って表示とされ、(ISO 20474-1 改正案での)運転取扱説明書の項に下記を追記とされた。

「キャブを装着した機械では、規定に従って測定した運転席における A 特性放射音圧レベル。この値は ISO 4871:1996 に規定する single number declaration の様式とする（製品の騒音の分散に応じて決定される値を加えた値）。試験機械の仕様は製造業者が指定する。」

- ・汚染区域での使用に関して：文面を次のように変更とされた。

「汚染された環境の中で土工機械を使用しなければならない場合は、機械の使用者及び防護措置の供給者と協力して適切な防護措置を追加しなければならない。かつ、危険源が存在する場合は、運転員を保護する特別予防措置を備えなければならない。例：空気清浄化フィルタ装置、運転員に呼吸を供給する装置」

←なお、JIS との差異は文面の表現程度、また、日本からは IEC 60204-1 = JIS B 9960-1 の文面（装置が放射線を受ける場合、対策を追加して装置の機能不良や絶縁の急速な劣化を避けなければならない。供給者と使用者との間に特別な合意が必要となることもある）も参考になるのではないかと指摘した。

- ・暖房及び換気装置：日本から暖房装置の試験の際に試験条件として 50 Pa 以上のキャブ加圧が適用されミニでも下限に近い機械では加圧式キャブ適用は困難と指摘して、非加圧式には 50 Pa キャブ加圧の試験条件は非適用とされた。また、換気装置も同様なので、同様変更する。

- ・可動部（の防護）：欧州規格改正案で追加された下記注記を採用

注記：押しつぶし、せん断及び切断のリスクがある場合には強化ガラスだけでは保護装置の要求事項を満足しない。

←テレハンドラを意図した注記とのことであるが、ブームスイング式以外の油圧ショベルの右窓の強化ガラスはこの要求に適合できないこととなり（2 本程度の保護棒を渡している機械もあるがガードとしては間隔が広すぎ、ポリカーボネートなら割れないが非常に強い力で押すと外れてしまうのではという懸念がある）、対策をどうすればよいかは不明確なままとなった。

- ・ガード：欧州規格改正案にある“エンジンルームのパネル類は、防護装置とみなす。”との規定に対して、米国から MSHA（鉱山安全衛生局）ではファンガード自体を要求している点が指摘された。欧州規格改正案の文面は追記し、エンジンルー

ムのパネル類は、米国の MSHA の要求 30 CFR Part 56 及び Part 57 に適合しないかもしれない旨の注記を追記となった。

- ・フェンダ：欧州規格改正案によって下記を追記することとした。

キャブのない土工機械は、ISO 3457 (= JIS A 8307) に従ったフェンダを備えなければならない。

←キャブ無しの車輪式は無条件にフェンダ要となるが、各国も特に異論無し。

- ・（機械の）救出、輸送、つり上げ及びけん引：日本からは、日本担当の DIS 15818 が難航していることに遺憾の意を表するとともに、固縛器具の安全率が欧州 ($S_f = 2$) と日米 ($S_f \geq 4$) で差があることが問題として残る可能性を指摘した。

- ・（機械の）救出：欧州規格改正案によって、次のように取扱説明書に明記。

「機械救出用ワイヤ掛け位置は、その許容力、正しい使い方、最大速度及び距離とともに取扱説明書に明記しなければならない。」

- ・けん引：欧州規格改正案によって、けん引の要求事項は非搭乗式機械には適用しないこととされた。小形のハンドガイドローラのけん引具には被けん引の場合の強度要求は適用されないこととなるが要確認。

「ワイヤ掛け位置（例：フック、アイ）がある場合、それは ISO 10532 = JIS A 8331 に適合しなければならない。それらの位置、許容力及びけん引するときの正しい使い方、並びに最大けん引速度及び距離は、取扱説明書に明記しなければならない。ピンがけん引装置の一部である場合は、そのピンは常時けん引装置に取り付けられているものとし、ピンを固定する装置は、切り離し可能であってはならない。この箇条は非搭乗式機械荷は適用しない。」

- ・電気及び電子装置一般：ハイブリッドなどは ISO 14990 で扱うよう最終段落を下記修正。

「安全関連の電子制御システムは、ISO 15998 に適合しなければならない。

周波数 30 kHz 以下の電圧実効値 50 ~ 1,000 V の交流及び脈動 30 kHz を超える 75 ~ 1,500 V の直流を車載使用する機械は ISO 14990 に適合しなければならない。」

←なお、前述の如く、機械制御の機能安全に関しては今後 ISO 13849-1 = JIS B 9705-1 に基づく新業務項目が進行し、ISO 15998 をも包括する見込と思われるがどうなるか？

- ・ **防護等級**：下記内容に変更
「湿気及び／又はほこりの影響を受けやすい全ての活線電子部品は、IEC 60529 = JIS C 0920 の防護等級をもたなければならない。運転室外に配置される電子制御、制御回路の結合装置、多ピンコネクタ及びスイッチは構成部品は、IP55 に従った最小限の防護等級をもたなければならない。」
- ・ **過電流防護装置**：下記内容に変更
「ハーネスが分岐する時、分岐点後に保護装置を設置すること。
保護装置のアンペアが低いなら、分岐点前に保護装置を設置してもよい。」
- ・ **蓄電池**：欧州規格改正案によって、下記文言追加
「蓄電池の取付け位置は、接近が容易で取外しも容易であることが望ましい。
蓄電池は、換気のよい場所に堅固に取り付けなければならない。
注記：ISO 14990 作成中」
- ・ **蓄電池の接続切り離し**：欧州規格改正案によって、下記文言追加
「接続切り離し装置は、再接続によって人身に危険がありうる場合は、施錠可能でなければならない（例：南京錠）。」
←機械指令の指針にならう形。この一文追加によって、「鍵付のマイナス切断スイッチ」が EN 474 で実質義務化され、ISO 20474 はこれを追認する形となる。
(機械可動管理システムなどを蓄電池の接続切り離し時には不稼動でもよいこととするか、または、可動として、かつ、主電源系統の切り離しに不具合ないようにする対応要か)
- ・ **被加圧部一般**：空気圧を対象とした ISO 4414 を追記する。また、下記文言追加する。
「ISO 16920 はアキュムレータに関する規定をもつ。
多くの国家的及び地域的規定がある。」
← ISO 16920 (油圧力一気圧式アキュムレータの要求事項) は NP (新業務項目提案) 段階
- ・ **油圧ホース**：欧州規格改正案によって、油温を 60℃へ変更、「ホースは使用圧の 4 倍に耐えなければならない」と追記。ただし、従来からある“たわみ限界領域 (DLV) (ISO 3164 = JIS A 8909) のどの面からも 1.0 m 以内に位置する油圧ホースは、ISO 3457 (= JIS A 8307) に従って防護しなければならない。”要求と、前述の“強化ガラスはガードとみなさない”規定との合わせ技で、

油圧ショベルのブーム上下のホースのガードを見直し要の可能性がある (1.5 m でもあぶないよね)。
←なお、JIS への影響の可能性のある差異として、油温 60° (これは要求緩和側) 及び使用圧力の 4 倍の安全率の要求がある。

(会議の二日目は、ここまできたところで次回会合日程及び場所だけ決めてコンビナーの NILSSON 氏が 14 時過ぎに移動 (但し幹事事務取扱の LEUFSTADIUS 氏は残留して書記を続行)、その後は親 TC 127 及び親 SC 2 国際議長の ROLEY 博士が代理コンビナーとなり (変なの!), ランチ抜きで 10 時と 3 時のおやつだけで会議続行)

- ・ **燃料タンク**：欧州規格改正案に基づいて、下記文言に修正する。
「燃料タンクは ISO 21507 の要求事項に適合しなければならない。」
←転倒時の漏れの制限などの ISO 21507 改正版の要求事項への適合が必要とされる。
- ・ **空圧容器**：欧州規格改正案も考慮して、下記文言に修正する。
「国家及び地域で強制される規定に関しては ISO 20474-14 参照。
多くの国家的及び地域的規定がある。」
- ・ **アタッチメント及びクイック着脱装置**：基本的には欧州規格改正案に基づいて、下記構成に修正する。
 - 4.21.1 一般
 - 4.21.2 表示項目記載 (製造業者名称及び住所、形式名称 (例えば品番)、質量、回路圧力、容量)
欧州規格改正案の注記は、欧州だけの規定で ISO 20474 には不適切なので、下記のように欧州規格改正案から変更する。
「注記：追加的な国家及び地域的要求事項が存在する。」
←解体用機械を車両系建設機械に含めるための安全衛生規則及び構造規格の改正に関連して、解体用アタッチメントだけでなく、通常のショベル及びローダのバケットの表示も対象となる可能性もあり今後の国内法令との齟齬の有無を要チェック。
 - 4.21.3 取扱説明
 - 4.21.x クイック着脱装置 クイック着脱装置は ISO 13031 の要求事項に適合しなければならない。
 - 4.21.5 つり上げ装置
「荷扱いに使用するつり上げ装置に対する要求事項は附属書 X に定義する」

- ・可倒キャブの支持装置：ほぼ欧州規格改正案に基づいて、下記文言に修正する。なお、ROLEY 博士はスクリュジャッキの自動ロック機能も一方策と示唆。

「キャブが整備、補修又は他の運転目的外の用途で可倒機構を内蔵している場合、キャブを持ち上げた状態で自動的に保持する装置、例えば機械的な掛けがね、オーバーセンタデザインなどを備えなければならない。

機械的な保持装置を使用する場合は、ISO 13333 = JIS A 8332 の要求事項を満たさなければならない。

キャブが傾斜しているとき…」

←英文表記の細かい修正だけであるが、影響の有無は要確認。

- ・爆発のおそれのない環境下での地下運転：爆発のおそれのない環境下での地下運転機械の安全に関して作成中の規格 ISO xxxxx（鉱山機械及び土工機械—地下で作業する走行式機械—ゴムタイヤ式機械の安全）を参照することとした。

←この箇条を検討中に石炭鉱山では第4次排ガス対策機械は使用できるかとの懸念が示された。

- ・非搭乗式機械の速度制限：欧州規格改正案に追加された非搭乗式機械の速度制限に関してはISOも同様とすることとして下記を追加することとした。なお、“非搭乗式”には“遠隔操縦”は含まない。

「非搭乗式土工機械の最大走行速度は6 km/h に制限する。操縦装置が機械の後部に配置されている場合は、後進速度は2.5 km/h に制限する。

最大登坂角の坂路を下るとき、機械の走行速度は当初の速度段で2 m/min 以上増速してはならない。」

- ・警告表示：ほぼ欧州規格改正案に基づいて、下記文言に修正する。

「機械又はその附属部分が運転員又は第三者にとって潜在的に危険源を生じ得るとき、安全標識を機械に貼り付けなければならない。安全標識はISO 9244（≒ JIS A 8312）の要求事項に適合しなければならない。」

- ・取扱説明書：国家又は地域の要求事項によっては、運転取扱説明書に追加情報が必要とされる。
- ・重大な危険源のリスト：もともとEN 474にある重大な危険源のリストはISOにも含めることとされた。
- ・昇降式運転席に対する要求事項：欧州規格改正案

の昇降式運転席に対する要求事項はISOにも含めることとされた。ただし、降下速度の制限に関しては要検討とされた。

- ・荷扱い仕様に使用するつり上げ装置の要求事項：欧州規格改正案の附属書Eに関しても、EN 規格の代わりにISO参照を要検討とされた。

（会議終了後、翌日からの会議に出席するフランス労働省のPICART氏を含めテルミニ駅近くのレストランにて割り勘で会食、交流を深めた）

1.4 所感：2003年にフランスで開催された日米欧工業会の技術交流会での決定によって、土工機械の安全C規格EN 474規格に基づくISO 20474作成及び前述の国際連合欧州経済委員会・技術規制協調及び標準化政策に関する作業部会UNECE/WP 6の共通規制項目CROへの提案を実施してきているが、欧州各国にとっては、ISOは国際展開する製造業の課題ではあっても、発言力の大きい規制当局（ドイツの法的損害保険の職業保険組合、英国安全衛生庁HSE、フランス労働省など）にとってはEN 474の方が重要であって関心が薄く、今回会議でもスウェーデンは製造業側でもあり、また、UNECE/WP 6（議長はスウェーデンのNational Board of TradeのARVIUS氏）へのCRO共同提案者（スウェーデンVolvo社MIMER氏、他は米国ROLEY博士、日本コマツ田中氏）でもあり、同時にEN 474シリーズ担当のTC 151/WG 1コンビナーでもあるのでコンビナーと幹事との2名出席であったが、他の欧州各国からは製造業は各1名ずつ、規制当局側からの出席はなく、日米の製造業にとってはもともになる欧州規格EN 474に対しても間接的に意見反映を働きかけたいところであるが欧州側にとってはそれを歓迎したくないという微妙な駆け引きの面もあって、日本としては、当面、技術的に正当な主張をすることで欧州勢にも理解を求めるしかない状況である。

1.5 次回開催予定：2013年6月11日、12日スウェーデン国ストックホルム市にて（11日9時開始）

2. ISO/TC 127/SC 1/WG 5 (ISO 5006 運転員の視野) 国際会議出席報告

2.1 開催日：平成24年12月5日、6日（午前）

2.2 出席者：

米国5：ROLEY, Dr., CROWELL, Mr. (Caterpillar), WEIRES, Mr., WEST, Timothy, Mr. (Deere), NEVA, Mr. (Bobcat / 斗山), フランス2：JANOSCH,



Mr. (Caterpillar France), PICART, Pierre, Mr. (労働省), ドイツ 3: RUF, Werner, Mr., (Liebherr), LEISERING, Horst, Dr. (BGBAU ドイツ建設業職業保険組合), GROER, Matthias, Mr. (欧州コマツ), 英国 3: CAMSEL, Dale, Mr. (Terex), ARNOLD, Stewart, Mr. (HSE 英国安全衛生庁), LEEMING, Mark, Mr. (JCB), イタリア 3: BONANO, Dr. (IMAMOTER), ROSSIGNOLO, Lorenzo, Mr. (CUNA), 氏名不詳 (UNI), 日本 3: 砂村 (日立建機), 原 (コマツ), 西協 (協会, 5 日途中まで) 計 19 名出席

コンビナー(主査)兼 ISO 5006 改正プロジェクトリーダー (PL): 前記 CROWELL 氏 (米国, Caterpillar)

2.3 主要議題, 議決事項, 特に問題となった点及び今後の対応についての所見:

1) 360 度モニタ (鳥瞰図) の例ビデオが紹介され, 規格に入れたいと提案があったので, 砂村から, それは ISO 16001 (= JIS A 8338) (危険検知装置及び視覚補助装置一性能要求事項及び試験) に追加提案をしている旨指摘したところ, 次回は ISO 5006 (4 月末, パリ近辺) と ISO 16001 の連続ジョイント会議とすべきとなった (ただし, 日本としては準備不足なので, 次回は ISO 5006 の会議の議事案に ISO 16001 を含めてもらい, ISO 16001 としての会議はその次から (できれば日本で) との方向で調整中)

2) 前回改正以降の再検討は, 英国の安全衛生庁 (HSE) からの次の要求で始まったが, この要求はいずれも前回改正時点での懸案事項であり, 織り込まれそうな模様である。

- ・ (高さ 1.5 m ではなく) one by one (機械周囲 1 m で 1 m の高さのものを視認) に戻せ。
- ・ 取扱説明書に視界データを書け。

3) (従来 WG 会合で予備検討を行ってきたが正



式には) 1 回目の会議で, 変更点の方針論に終始し, 具体的な変更数値の検討にいたっていない。今回の改定も今後 4 年程度かかる見込み。

2.3.1 主要議題

2.3.1.1 前段: コンビナーの Crowell 氏の発言で会議開始。“今回が (ISO 5006 (= JIS A 8311) 改正の新業務項目段階からの) 1 回目の正式スタートです。米国労働安全衛生管理局 OSHA の事故例では「視界性に関連する事故例は公道上のダンプ (トラック) の事故が多い」と出ています。最近では排ガス対策でボンネットがふくらみ, そのぶん, スクールバスミラー (前を確認するなどの補助ミラー) を付け始めています。(ISO 5006 での運転員の視野評価試験時の光源) ランプの間隔が StVZO (ドイツの道路交通取締法) (の場合) と微妙に違うのは変ですね。”

2.3.1.2 BGBAU の事故事例報告: LEISERING 博士が事故事例紹介としてドイツ語圏での情報を分析

- ・ 2009 年から 2012 年秋までの事例を収集
- ・ 主要な事故ケースは下記で, 必ずしも視界だけの問題ではないが, 第 3 者事故の場合もある
 - ・ 転倒, 横転
 - ・ クイックカプラ (脱落)
 - ・ ショベル右旋回時に人をはねる事故
- ・ 死亡事故 32 件中 10 件だけが建設関係, 他の 22 件は鉱山, リサイクルなど他の労働現場
- ・ 視界の制約のある現場で, 現場管理に問題があることが指摘できる
- ・ 監視カメラ装着によって改善が図られている

ただし, これらによって ISO 5006 のどの部分をどう改善するかという直接論議となるプレゼンではなかった。

2.3.1.3 フランス労働省の PICART 氏発言など: PICART 氏が最新の装置による視界改善への期待を表明, フランスでの長期間の事故統計の分析結果とし

て事故の 30 パーセントは視界に関連と指摘、機械の改善と、現場管理によって事故減少と指摘、ROLEY 博士から視界に関連した事故では不注意の問題もあり現場管理の重要性が指摘された。

2.3.1.4 NIOSH (米国労働安全衛生研究所) の事故解析結果などの報告: CROWELL 氏が事故解析結果を報告、道路工事における死亡事故が建設機械関連で 1998 年以降著しく増加、2000 年以降は一進一退、グレーダでは丁張をしていた関係で、現場作業員との接触事故が多かったとのこと。また、死角の評価法を紹介、機械の視野の見えない部分を評価し現場作業員に知らせる旨と紹介。

2.3.1.5 HARTDEGEN 氏 (今回欠席, BGBau 所属) 提案検討: 前回会議宿題に基づく次の提案を検討した。

- 1) 周囲の人を想定した垂直試験体の高さ 1.5 m を 1 m に変更 (要するに one by one に戻す提案)
- 2) 視界と併用する視覚補助装置に関して監視カメラ (単体) にモニタシステムを加える
- 3) (直接視界による視界性能基準を超える遮影) モニタは視界中心よりも前方に配置すべきとして下記追記

「(鏡を含む視覚) 補助装置は、扇形視野 A、B 及び C (前方) に配置しなければならない。

機械の構成装置 (たとえば作業具、ブーム) の動作によって補助装置の (有効性) に制限が生じてはならない。」

←これに対して、日本からは、モニタはともかく小旋回形ショベルではカウンタウエイト上に補助ミラーを置くことが視野確保に必要で適切な場合があると指摘した。

- 4) 適用範囲の文面修正。
- 5) 座る場所が 2 か所ある機械の評価方法は前回の懸案であったが、次の文面追記に関して、再度検討する旨確認された

「土工機械に複数の運転位置がある場合は、各位置に対して全ての試験手順を実施しなければならない。

- a) 製造業者が指定する (走行) 運転位置
- b) 製造業者が指定する (作業) 運転位置
- c) 連続可変式の座席位置 (前後方向、旋回) では中立位置から最も離れた位置 (例えば a) 及び b))

注記 1 位置 a) 及び b) は同一のことがある。

注記 2 土工機械の設計で、連続可変式の座席位置 (c) 参照) の最も離れた位置が対象である場

合は、そのような仕様に対して一方だけの試験が必要である。」

←バックホウローダや舗装用ローラなど複数位置のある機械に対する要求を意図しているが、この文面では座席の調整も考慮すべきとも読めるので要注意。

2.3.1.6 ROLEY 博士の意見その 1 (運転員と鏡及び鏡と対象との距離、鏡の大きさ、対象物の鏡に映る大きさに関して) 検討: 前回フランクフルト会議宿題に基づく次の意見を検討した。

- ・対象物が鏡に映る大きさは、ISO 16001 = JIS A 8338 で (モニタ画面上での有効範囲としている最低画面身長で、視覚検知目的に適合すると一般的に考えられている数値として) 規定する 7 mm を適用できるのではないかと、既存の曲率半径に関する規定の削除を提案、代わりに性能基準として 1.55 m (5 パーセント番目の小柄運転員相当) が鏡面上に映る寸法を最小 6 mm としたい

←砂村氏印象: ロジカルだけど、評価がめんどくさい? 第三者に説明しにくい。人間を上から見たら真ん丸だね。

←鳥瞰図式のモニタでは実現困難な要求ではないかとの懸念がある。

2.3.1.7 ROLEY 博士の意見その 2 (大型機械や適用機種・範囲 (派生機械、アタッチメントなど) の拡大可能性検討及びそのためのリスクエリアの定義) 検討: 前回フランクフルト会議宿題に基づく次の意見を検討した。

- ・適用範囲を大形の機械なども含めるよう (基準適用が困難な大形の機械などにはリスクアセスメントと組み合わせて適用とする) 柔軟な文面とする。
- ・上記目的のため、現状規定の範囲外の機械に対する要求事項を次のように修正する。

…機械周囲の範囲を定義するためにリスクアセスメントを実施…

← (製造業者が危険範囲を決める)

類似機械の基準適用が原則だが、さもない場合は、リスクアセスメントを実施し、危険な箇所が残るようであれば取扱説明書に視界の制約を記し、対応すべき現場対策を推奨する

大形機械、派生機械又は別形式の機械

←リスクアセスメントを実施し、危険な箇所が残るようであれば、製造業者は取扱説明書に、機械の使用人は jobsite (建設企業内の安全に関する HP) に記載すること。

車体の前後、移動、旋回時はもちろん、人が車体に

アクセスするエリアについても実施する。その他機体特有の危険なエリアもリスクアセスメントすること。

視界測定円及び許容される遮影

違う向きの座席を備える機械

←これに関連して、製造業者側は、現場対策の必要性を主張し（ROLEY 博士が行った鉱山のランチルームに機械の死角のデータが大きく張り出してあった。これは「現場対策」の一例である。良好な実践対策だよね。（ROLEY 博士の一人相撲論議））、規制当局側は特殊な機械の場合以外は機械での対策を主張し、製造業者側はたとえばローダ（ドーザも同様）では視界確保困難な場合があると主張するなどの論議となった。

2.3.1.8 ROLEY 博士の意見その 3（（視界測定時に視点を想定して使用する）電球の間隔（頭の動きを想定して、最大 405mm 間）） 検討：前回フランクフルト会議宿題に基づく次の意見を検討した。

- ・光源間隔に関しても定義を修正提案 調整可能とする（現状は 65, 205, 405 とあるが、中間の光源間隔も可能とする）
- ・さらに低速機械の動作始動時には、（目を動かす）光源間隔を 405 mm としてもよい。と提言（始動時には周囲を見回すはずとの意見）、これに対して RUF 氏は危険として反対、LEISERING 博士も反対、ROLEY 博士との論議となる（ここまでで西脇帰国）

（405 mm 光源間隔に関する規定）下記文言追加

これは例えば機械の始動時に運転員が両肩の後方を見回すのを模擬する。

（光源の電球配置に関する規定）下記文言追加

運転員の視点の範囲を 65 mm から 205 mm 又は 405 mm に移動するのを表すために 2 個以上の光源を同時に使用してもよい。

2.3.1.9 英国安全衛生庁 HSE の意見（運転員の視野データの取扱説明書への記述提案） 検討：HSE から、視界のデータは全機種取説に書くように提案。基本的に合意された。ただし ISO 5006 = JIS A 8311 で測定するランプ間隔でやるのか、一律 65 mm なのかは、要検討。また、バウンダリの評価をするのは 1 m（1.5 m）なのか地上なのかも要検討とされた。（ISO 5006 の評価と違う方法では意味がうすれるし、同じ方法にしようとする和不連続点がでてしまう。）（二日目）

2.3.1.10 複数監視カメラによる 360°の視界要求（180°監視カメラ四つとか） 検討：技術進歩が著しい。

日本がプロジェクトリーダー（出浦氏）の ISO 16001 = JIS A 8338 改正の新業務で検討要。

2.3.1.11 現行規定の前方（扇形視野 A 部）の評価で光源間隔 65 mm で遮影を認める代わりに、光源間隔を若干広げて遮影を認めない規定とする検討：前方（扇形視野 A 部）で遮影が残っているところは、少し光源間隔を広げて（たとえば 165 mm とか）遮影を消えるように規定しよう。そのほうがユーザーの理解を得やすい（たとえばホイールローダの前方にシリンダが来る場合）。（その他）

2.3.1.12 大形機の評価：大形機は視界測定円の半径を 12 m でなく、24 m としたい。（CATERPILLAR 社は大形機も対象としたい様である。）

2.3.1.13 その他：あまり、枠組みをいじると、設計者が何やったら良いのかわからなくなってしまうと、RUF 氏おこる。

2.3.1.14 その他（その 2）：日本提出大形機のデータに関しては若干の論議があっただけ。なお、前回宿題中、小旋回形ショベルに関するデータは未提出。

2.3.2 宿題事項

（2月4日までの宿題事項）

2.3.2.1 モニタ画面での評価：対象物（1.5 m の高さ）を（運転員から）1 m の距離（のモニタ画面上）で 6 mm の高さに見えることでカメラからどこまで遠くまで（見えるか）を決定することを用いてカメラとモニタとの組合せを評価する。カメラからのある距離の視野をどの程度の広さとするか？ 幅の両端ではどの程度の（画像の）ゆがみが発生するか？

2.3.2.2 光源間隔を拡大すれば前方（扇形視野 A 部）の視界が確保できるか（遮影は無くなるか）：前方（扇形視野 A 部）で光源間隔 65 mm では遮影が最大のと看、205 mm 間隔に拡大すれば遮影は無くなるのか？ さもなければ 265 mm なら無くなるのか？

（次回会合へ向けての課題）

2.3.2.3 カメラシステムのモニタ：複数カメラを単一画面でモニタするときの画像処理の問題をどうするか？

2.3.2.4 ISO 16001（= JIS A 8338）改正活動との連携：ISO 5006 の次回パリ会合に続けて 5 月 2 日、3 日に ISO 16001 改正の国際作業グループ会議を開催できないかプロジェクトリーダーの出浦氏に依頼。

2.3.3 ISO 5006（= JIS A 8311）改正案文準備：ROLEY 博士の協力も得て、検討結果を含め、右側や後方視界（扇形視野 E 部）の改善を図る改正案文を 3 月に国際作業グループ検討用に配付する。



2.4 次回会合：2013年4月29日、30日パリ付近にて

3. ISO/TC 127/WG 8 (ISO 10987 土工機械—持続可能性) 国際会議出席報告

3.1 開催日：平成24年12月6日（午後）、7日

3.2 出席者：

米国5：ROLEY, Dr., CROWELL, Mr.(Caterpillar), WEST, Mr. (Deere), NEVA, Mr. (Bobcat／斗山), 英国1：HUTSON, Victoria, Ms. (JCB), イタリア2：PAOLUZZI, Roberto, Dr. (IMAMOTER), ジョルジョ＝ガロファーニ Mr. (FIAT), 日本2：砂村（日立建機）、原（コマツ）計9名出席

コンビナー（主査）兼 ISO 10987 プロジェクトリーダー（PL）：前記 ROLEY 博士（米国, Caterpillar）

従来経緯：ISO 10987 は機械の環境、社会（責任）、経済面での持続可能性を総合的に扱い、建設業など土工機械の使用者に対して報告するための項目及び様式を規定するもので、発行済みであるが、今後さらに標準化を進める事項として前回3月パリ西郊での国際 WG 会議で次の項目を優先的検討とされており、それらに関して、今回会合で検討を進めることとなっていた。

- 1) 有害化学物質：AEM の規格化活動と連携する、日本で作成中の JIS 案を次回紹介する（出浦）（付記：日本規格協会での英訳化を待つこととして今回は未提出）
- 2) 省エネ運転：CECE の規格化提案を待つ
- 3) 中古車：中国・ベトナム規格案文をレビューするため、英文の案文を配布する（ROLEY）、リサイクル、リユース、リビルドなどに関する ISO、各国規制を次回確認する（全員）、各社中古車ガイドラインがあれば PL に送る（全

員）

- 4) 運転員の教育：各国の教育状況について次回までに調べる（全員）、大形機械の ISO/WG でも議論する（Roley）
- 5) 騒音：EU 騒音規制の改訂動向を次回報告する（JANOSCH）（今回欠席）

3.3 主要議題、議決事項、特に問題となった点及び今後の対応についての所見：

3.3.1 ISO 10987 初版制定発行：まず、最初に、11月15日にISO 10987 制定発行された旨報告された。

3.3.2 各課題項目の検討

1) 騒音

ISO/TC 127（土工機械）で従来規定以上に当面実施するのは時期尚早、ISO/TC 43（音響）の課題。

2) ISO 10987 で扱うべき追加項目

（用語の）定義が重要、他の ISO 規格を確認要

- i. 用語及び定義：リマン、再生、リサイクル
- ii. 中古機械の分類／格付け：ROPS、機関の格付け、品質、チェックリスト
- iii. 中古機械：既存の規制及び規格、今後の規制及び規格

3) プロダクトサポート

運転員の教育を含む、一般的な指針となる文書を作成可、かなり進んだ段階から開始

4) 運転員の教育

現行規格は新技術分野を含める必要がある。

運転員自身によるリスクアセスメント（実施の手段

環境を改善すること自体による環境への直接の影響—道路、橋梁、建造物、発生物の制御、水の有効利用（建設自体の環境影響評価）

5) 有害化学物質

必要性を追って評価することとしてペンディング

[付記：EU規則REACH(Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals, リーチ) 対応のデータベースの作成基準に関する検討要と米国 ROLEY 博士から示唆されたが、当のEU側の英国 HUTSON 氏は(多大の労力を要するためか) 否定的でそれ以上論議進まず、なお、日本としては、今後日本規格協会から JIS の英訳が発行されれば提出予定]

6) 他の情報

ベトナム (9割以上が中古車)：ベトナムの中古機械への要求 (S&R)

中国：SB/T10529-2009 (製作メンバーにコマツあり)、GB/T21667, SN/T1795.3 油圧ショベル

3.3.3 次の段階に関して

a) リマン, 再生, リサイクル, 廃棄及び中古機械の分野

- 南米における中古機械の規格を調査 (WEST 氏及び HUTSON 氏担当)
- 中国での中古機に関する情報を調査 (CROWELL 氏及び WEST 氏担当)
- 中国での定義を調査
- リマン, 再生などの用語の定義の案文を準備 (第2部, WEST 氏担当)
- 中古機械の分類の案文を準備 (第2部)
- 中古機械に対する要求事項の案文を準備：ROLEY 博士から中国が SB 規格を作成していることもあり、リサイクルの一環として、優良 (安全) 中古車認定基準を検討と提案、それはちょっとお門違いじゃないかと PAOLUZZI 博士からは否定的意見もあった (第3部, ROLEY 博士担当)

b) 地球温暖化ガス削減のためのプロダクトサポートー手段及び使用者の教育

施工現場での効率改善のための製造業者から使用者への指針 (全員担当)

地球温暖化ガス削減のためのプロダクトサポートまとめ (第4部, HUTSON 氏担当)

- i. 用語及び定義
- ii. 序文及び理論的理由説明
- iii. 製造業者からの情報

なお、次回 JTLM (日米欧韓中工業会の技術交流会合、2013年4月22日、23日プラハにて) の次の日に JTLM の GHG グループ会合が予定されているので (日本からは建設機械工業会 吉村氏、コマツ 出浦氏出席予定) そこで再度もむこととなった。

c) 運転員の教育：

安全及びエコに関する教育の準備

どのように進めるか決めるためにデータが導くようにする

既存の教育プログラムを見直す

なお HUTSON 氏が、関連するパンフレットを用意することとなった。

3.4 その他：次の事項に関しても、検討課題とすべきではないかと示唆された。

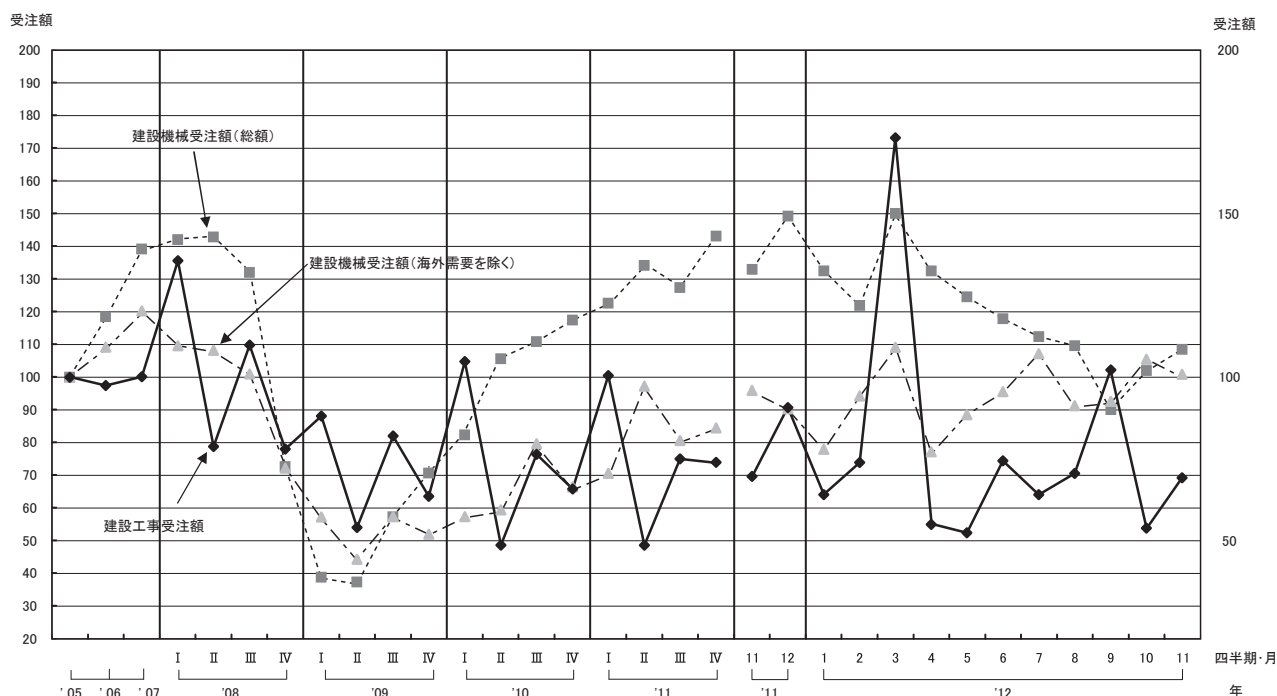
- a) 建設自体の環境影響評価基準作成
- b) カーボンフットプリント

3.5 次回会合：

2013年6月25日、27日英国ロンドン市の英国規格協会 BSI にて、ISO/TC 127/SC 1/WG 6 (ISO/TS 11152 エネルギー使用試験方法) 国際作業グループ会議、及び、ISO 13849-1 に基づく機械制御の新規作業グループ会議と連続で

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 2005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 2005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							
2005 年	138,966	94,850	19,156	75,694	30,657	5,310	8,149	95,370	43,596	136,152	136,567
2006 年	136,214	98,886	22,041	76,845	20,711	5,852	10,765	98,795	37,419	134,845	142,913
2007 年	137,946	103,701	21,705	81,996	19,539	5,997	8,708	101,417	36,529	129,919	143,391
2008 年	140,056	98,847	22,950	75,897	25,285	5,741	10,184	98,836	41,220	128,683	142,289
2009 年	100,407	66,122	12,410	53,712	24,140	5,843	4,302	66,187	34,220	103,956	128,839
2010 年	102,466	69,436	11,355	58,182	22,101	5,472	5,459	71,057	31,408	107,613	106,112
2011 年	106,577	73,257	15,618	57,640	22,806	4,835	5,680	73,983	32,596	112,078	105,059
2011 年 11 月	8,124	5,202	1,179	4,023	1,587	431	904	5,811	2,313	113,297	8,208
12 月	10,327	6,989	1,753	5,237	2,184	391	763	7,301	3,026	112,078	11,030
2012 年 1 月	7,449	4,990	933	4,058	1,727	333	399	5,241	2,208	112,743	7,001
2 月	8,576	5,387	1,056	4,330	2,442	404	343	5,695	2,880	112,603	9,034
3 月	20,021	13,216	2,021	11,196	5,148	540	1,117	13,976	6,045	117,803	15,393
4 月	6,443	4,721	1,083	3,638	1,110	418	194	4,577	1,866	117,710	6,342
5 月	6,176	4,284	960	3,324	1,309	337	246	4,171	2,005	116,271	7,709
6 月	8,663	6,106	1,433	4,673	2,053	354	149	5,999	2,664	115,408	9,834
7 月	7,488	5,156	1,043	4,112	1,809	430	93	5,163	2,325	116,359	6,602
8 月	8,247	5,373	1,030	4,342	2,246	400	228	5,424	2,823	115,240	9,295
9 月	11,880	7,617	1,541	6,076	2,810	496	957	8,373	3,507	115,538	11,742
10 月	6,283	4,337	1,113	3,224	1,329	364	253	4,341	1,942	114,513	7,383
11 月	7,951	5,612	1,143	4,469	1,555	392	392	5,779	2,172	—	—

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	05 年	06 年	07 年	08 年	09 年	10 年	11 年	11 年 11 月	12 月	12 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月
総 額	14,749	17,465	20,478	18,099	7,492	15,342	19,520	1,634	1,831	1,641	1,500	1,851	1,627	1,532	1,443	1,391	1,347	1,107	1,258	1,331
海 外 需 要	9,530	11,756	14,209	12,996	4,727	11,904	15,163	1,208	1,441	1,306	1,089	1,378	1,290	1,147	1,026	929	951	700	796	894
海外需要を除く	5,219	5,709	6,268	5,103	2,765	3,438	4,357	426	390	335	411	473	337	385	417	462	396	407	462	437

(注) 2005～2007 年は年平均で、2008～2011 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2011 年 11 月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査

内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

…行事一覧…

(2012年12月1日～31日)

■ 施 工 部 会

■情報化施工委員会復興支援WG(第12回)

月 日：12月19日(水)

出席者：松隈宣明 WG 長ほか27名

議 題：①第1回情報化施工活用支援セミナーの開催結果について ②第2回情報化施工活用支援セミナーの開催について ③その他

■ 機 械 部 会

■機械部会 技術連絡会

月 日：12月3日(月)

出席者：大野俊弘部会長ほか43名

議 題：①機械部会の平成24年度上半期事業報告と下半期活動計画について ②コンクリート機械(コンクリートポンプ、振動機、トラックミキサ)の変遷について ③施工時のヒヤリハット事例の紹介 ④準天頂衛星「みちびき」等 位置情報衛星の基礎知識と各国の衛星保有状況の紹介・課題について ⑤ハイブリッド建機・電動建機の安全性検討について ⑥ディーゼル発電式ブルドーザ(D7E)の省エネ技術の紹介 ⑦その他情報・意見交換

■コンクリート機械技術委員会

月 日：12月6日(木)

出席者：大村高慶委員長ほか4名

議 題：①12/3開催の機械部会 技術連絡会の報告について ②トラックミキサ JIS 原案の審議について ③コンクリート機械の変遷について ④2014年排ガス規制に関する3省への要望のその後の状況報告 ⑤その他

■路盤・舗装機械技術委員会 アスファルトプラント変遷分科会

月 日：12月7日(金)

出席者：戸川裕文分科会長ほか8名

議 題：①アスファルトプラントの変遷をまとめるに当たっての活動計画と方針の決定 ②その他

■ショベル技術委員会

月 日：12月10日(月)

出席者：尾上裕委員長ほか6名

議 題：①12/3開催の機械部会技術連絡会の報告について ②11/16開催の作業燃費検討 WG および国交省打合せの報告について ③2014年排ガス

規制に関する3省への要望のその後の状況について ④厚労省労働安全衛生規則への解体用建設機械追加の検討について ⑤その他

■建築生産機械技術委員会 幹事会

月 日：12月13日(木)

出席者：石倉武久委員長ほか4名

議 題：①平成24年度上期の活動報告と下期の活動計画について ②建設機械要覧2013の概説見直し原稿内容の最終確認について ③高所作業車分科会の組織と運営について(標準部会との関連を含む) ④その他

■トンネル機械技術委員会 環境保全分科会

月 日：12月14日(金)

出席者：掛川敏弘分科会長ほか9名

議 題：①各社資料読合せ ②報告書のまとめ方について ③その他

■トラクタ技術委員会

月 日：12月18日(火)

出席者：阿部里視委員長ほか9名

議 題：①建設機械用タイヤについてタイヤメーカーとの意見交換会・バイヤスタイヤとラジアルタイヤについて ②各社トピックス ③ミニローダの機体重量について(現状確認と意見の取り纏め) ④ハイブリッドホイールローダについて商品化を睨んだ JCMAS 燃料消費量一試験方法改訂の検討について ⑤12/3開催の機械部会技術連絡会の報告について ⑥その他

■トンネル機械技術委員会 トンネル機械未来像分科会

月 日：12月19日(水)

出席者：浅沼廉樹分科会長ほか3名

議 題：①各自のまとめ案資料について説明と検討 ②今回の資料を基にした全体まとめ作業について ③その他

■自走式建設リサイクル機械分科会移動式破碎施設基準設定に関する調査業務の説明会

月 日：12月19日(水)

出席者：佐藤文夫分科会長ほか1名

議 題：①移動式の産業廃棄物処理施設の取り扱いに関する必要な調査の実施 ②生活環境影響調査の方法や技術上の基準等の設定検討 ③その他

■トンネル機械技術委員会 現場見学会

月 日：12月20日(木)～21日(金)

出席者：篠原望委員長ほか11名

場 所：12/20 安永川トンネル新設工事(鹿島・藤本 JV：愛知県)
12/21 Φ17.45m 泥土圧シールド掘進機(日立造船(株)堺工場：大阪府)

■油脂技術委員会 工場見学会

月 日：12月21日(金)

出席者：杉山玄六委員長ほか14名

場 所：(株)KCM 工場見学(兵庫県)

■ 標 準 部 会

■ISO/TC 127 土工機械委員会

月 日：12月13日(木)

出席者：岩本祐一委員長ほか計19名

議 題：①ISO/TC 127 ブラジル総会決定事項及び関連事項への対応の件 ②ISO/TC 127(親委員会)活動状況及び今後の計画 ③SC 1分科会活動状況及び今後の計画 ④SC 2分科会活動状況及び今後の計画 ⑤SC 3分科会活動状況及び今後の計画 ⑥SC 4分科会活動状況及び今後の計画 ⑦その他

■ 製 造 業 部 会

■マテリアルハンドリングWG・ミニ油圧ショベルメーカー打合せ

月 日：12月11日(火)

出席者：生田正治主査ほか12名

議 題：①解体用機械の法制化に伴う「構造規格見直し検討」について(ミニショベル関連についての検討整理を含む) ②その他

■マテリアルハンドリングWG・ミニ油圧ショベルメーカー打合せ

月 日：12月27日(木)

出席者：生田正治主査ほか19名

議 題：①解体用機械の法制化に伴う「構造規格見直し検討」におけるミニショベル関連事項(特に飛来物防護ガード等)についての検討整理 ②その他

■ 建 設 業 部 会

■秋季現場見学会

月 日：12月4日(火)

参加者：増子文典部会長ほか17名

内 容：＜午前＞フジミ工研(株)滑川工場にて、セグメント製作工程の見学
＜午後＞白子川地下調節池工事(その5)：練馬区大泉町2丁目地内の東京外環自動車道大泉 JC 内に既設された発進立坑を起点とし、終点が石神井川と都道環状八号線交差点付近、同区高松3丁目地内に到達立坑の構築を行う泥水式シールドトンネル工法の見学
発注者：東京都第四建設事務所
施 工：大成・佐藤・銭高建設共同企業体

■三役会

月 日：12月13日（木）

出席者：増子文典部会長ほか3名

議 題：①秋季現場見学会について
②各WGの報告 ③その他（クレーン安全協議会について、合同部会について） ④その他

■ レンタル業部会

■コンプライアンス分科会

月 日：12月4日（火）

出席者：隼直毅分科会長ほか8名

議 題：①「建設機械等レンタル契約の手引き」解説欄の検討 ②その他

■レンタル業部会

月 日：12月6日（木）

出席者：隼直毅分科会長ほか15名

議 題：①「建設機械等レンタル契約の手引き（ガイドライン）」の改訂作業進捗状況について ②首都圏直下型地震に対応した災害協定締結の進捗状況 ③除去作業等に供した建設機械の除染方法等のマニュアル化について ④部会員各社の取組事項、部会員共通の問題・課題等 ⑤その他

■ 各種委員会等

■機関誌編集委員会

月 日：12月5日（水）

出席者：田中康順委員長ほか19名

議 題：①平成25年3月号（第757号）の計画の審議・検討 ②平成25年4月号（第758号）の素案の審議・検討 ③平成25年5月号（第759号）の編集方針の審議・検討 ④平成24年12～25年2月号（第754～756号）の進捗状況の報告・確認

■新機種調査分科会

月 日：12月18日（火）

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

■建設経済調査分科会

月 日：12月19日（水）

出席者：山名至孝分科会長ほか2名

議 題：①1月号原稿「建設機械市場の現状」原稿検討 ②次年度テーマについて予備検討 ③その他

…支部行事一覧…

■ 北 海 道 支 部

■北海道支部親睦会

月 日：12月7日（金）

場 所：センチュリーロイヤルホテル

出席者：熊谷勝弘支部長ほか51名

■第4回技術部会技術委員会及び平成24年度除雪機械技術講習会反省会

月 日：12月20日（木）

場 所：北海道支部 会議室

出席者：山田義弘技術部会副部会長ほか12名

議 題：①平成24年度除雪機械技術講習会の実施結果について ②新テキスト編集作業部会の作業状況及び今後の予定について ③平成25年度除雪機械技術講習会実施方針について ④その他

■情報化施工とCIMに関する説明会

月 日：12月27日（木）

場 所：札幌第1合同庁舎10階2号会議室

出席者：施工技術総合研究所 研究第3部長伊藤文夫氏ほか15名

議 題：①情報化施工の現状と今後の展開 ②CIMに関する検討状況について ③情報化施工海外調査（欧州調査結果、米国調査概要） ④その他

■ 東 北 支 部

■広報部会

月 日：12月5日（水）

場 所：支部会議室

参加者：菅野公正ほか5名

内 容：①支部たより164号原稿収集状況について ②支部たより164号表紙写真について ③60周年記念誌のレイアウトについて ④60周年記念誌の写真収集作業について ⑤その他

■支部運営委員会（企画部会）

月 日：12月10日（月）

場 所：KKR ホテル仙台

出席者：高橋弘支部長ほか25名

議 題：①平成24年度上半期事業報告について ②平成24年度上半期事業決算状況について ③支部60周年誌関係 ④ゆきみらい2013 in 秋田について ⑤その他

■広報部会（第3回EE東北実行委員会）

月 日：12月11日（火）

場 所：フォレスト仙台

出席者：東北地方整備局 森吉尚企画部長ほか24名

議 題：①「EE東北'12」実施報告

②アンケート結果（総括） ③「EE東北'12」決算（案） ④出展者負担金（出展料）の精算について ⑤来年度の開催にかかる対応について ⑥「EE東北'13」実施方針について ⑦今後の予定

■施工部会

月 日：12月18日（火）

場 所：秋田地方総合庁舎6F会議室

出席者：秋田市建設部 奈良正右衛門次長ほか28名

議 題：①シンポジウム ②研究発表会 ③見本市 ④除雪機械展示・実演会

■ 北 陸 支 部

■平成24年度建設技術報告会実行委員会

月 日：12月5日（水）

場 所：北陸技術事務所会議室

出席者：坪内昭雄普及部会担当委員

内 容：①平成24年度実施結果報告 ②平成24年度収支報告 ③平成25年度開催（案）討議

■小型除雪機械安全操作講習会

月 日：12月11日（火）

内 容：新潟市中心区主催の標記講習会に講師派遣（上杉修二広報委員長）

受講者：134名

■企画部会正副委員長会議

月 日：12月19日（水）

場 所：事務局

出席者：穂苅正昭企画部会長ほか6名

内 容：北陸支部懸案事項討議

■小型除雪機械安全操作講習会

月 日：12月23日（日）

内 容：新潟市中心区主催の標記講習会に講師派遣（宮村兵衛事務局長）

受講者：53名

■ 中 部 支 部

■「建設ICT施工ガイドブック（仮称）」作成実行委員会

月 日：12月21日（金）

出席者：青木保孝技術部会長ほか10名

議 題：各担当の進捗状況について

■第8回東海・東南海・南海地震対策中部圏戦略会議実務者会議

月 日：12月27日（木）

出席者：永江豊事務局長出席

議 題：地震津波訓練について

■ 関 西 支 部

■運営委員会

月 日：12月4日（火）

場 所：大阪キャッスルホテル 6F 会議室

出席者：深川良一支部長以下 30 名

議 題：①平成 24 年度上半期事業報告
②平成 24 年度上半期経理概況報告
③その他

■建設用電気設備特別専門委員会（第 393 回）

月 日：12月6日（木）、7日（金）

場 所：鳥根県浜田市、広島県呉市

内 容：①現場見学会（第二浜田ダム本体建設現場、大和ミュージアム）
②建設工事用受配電設備点検保守のチェックリストの規格見直し

■広報部会

月 日：12月21日（金）

場 所：関西支部 会議室

出席者：高橋通夫広報部会委員以下 7 名
内 容：①「JCMA 関西」第 102 号の発刊について

■ 中 国 支 部

■第 5 回部会長会議

月 日：12月3日（月）

場 所：広島 YMCA 会議室

出席者：高倉寅喜企画部会長ほか 8 名

議 題：①中国地方整備局との意見交換会について ②平成 25 年度事業計画（案）の準備について ③その他懸案事項

■中国地方整備局と一般社団法人日本建設機械施工協会中国支部との意見交換会

月 日：12月11日（火）

場 所：メルパルク広島会議室

出席者：松浦弘中国地方整備局企画部長・

河原能久中国支部長ほか 19 名

議 題：①公共工事の品質の確保について（入札契約に関する事項・工事中の課題・機械設備工事（業務）に関する諸課題について・情報化施工について）
②その他の事項（技術者制度検討会報告の取扱いについて・建設機械等の官民共同開発に関して・事業継続計画（BCP）認定制度について・建設行政等の広報のあり方について・イベント等のあり方について・建設機械施工技士制度の活性化について・適正な利潤の確保について）

■特定特殊自動車立入検査技術講習会

月 日：12月13日（木）

場 所：コマツ建機販売(株)

参加者：経済産業省・国土交通省・施工技術総合研究所職員 23 名

議 題：①オフロード法の概要について ②オフロード用ディーゼルエンジンについて ③無負荷急加速黒煙測定の手引きについて ④オフロード車燃料抜き取り検査の手引きについて ⑤オフロード用ガソリンエンジンについて ⑥アイドリング排出ガス測定の手引きについて ⑦無負荷急加速黒煙測定、アイドリング排出ガス測定、燃料抜き取り（実地講習） ⑧立入検査実施要領について

■第 4 回広報部会

月 日：12月18日（火）

場 所：中国支部事務所

出席者：小石川武則広報部会長ほか 4 名
議 題：①広報誌（CMnavi）36 号について ②広報活動に関する当面の課題等について ③その他懸案事項

■ 四 国 支 部

■情報化施工現場見学会

月 日：12月11日（火）

場 所：徳島県那賀郡那賀町

参加者：30 名

内 容：盛土の締固管理に情報化施工技術を採用している現場の見学会

■建設工事の安全・環境に関する講習会

月 日：12月17日（月）

場 所：サン・イレブン高松（高松市）

参加者：27 名

内 容：①建設機械の廃油リサイクルについて～法的規制と適正処理法～…全国オイルリサイクル協同組合 専務理事 池田寿文氏 ②現場の創意工夫を目指して～建設労働災害を未然に防ぐ～…建設業労働災害防止協会 安全管理士 高橋啓典氏 ③カーゴクレーンの安全作業…(株)タダノ四国支店サービスグループマネージャー 国方征嗣氏

■ 九 州 支 部

■第 8 回企画委員会

月 日：12月12日（水）

出席者：久保田正春企画委員長ほか 5 名

議 題：①施工技術検定試験実地試験結果について ②建設行政講演会について ③支部事務局移転について ④本部・支部の意見交換会について

■建設行政講演会

月 日：12月17日（月）

出席者：江崎哲郎支部長ほか 74 名

議 題：①国土交通行政の現状について…九州地方整備局塚原企画部長 ②河川行政の現状について…九州地方整備局植田河川部長 ③道路行政の現状について…九州地方整備局山内道路部長

編集後記

年が明けてから「アベノミクス」の文字を新聞で見ない日はなく、日本の雰囲気が内需創出に向けて明るく変わりつつあるのを実感します。

「事前防災を重視した国土強靱化」も又、重要な政権公約です。ダム工事、事前防災の重要な一翼を担う事が期待されます。

巻頭言は一般社団法人日本大ダム会議会長坂本忠彦様に御願い致しました。昨年は国際大ダム会議が6月に開催され、会議の国際的成功と、日本の技術が世界でも傑出したものである事、海外雄飛への期待を述べられています。

報文では、その世界に冠たる日本の技術を多数紹介しております。

外部コンクリートと独立し、RCDコンクリート打設を先行させる巡航RCD工法、台形ダムとCSG工法の特徴を併せもち、材料の合理化に寄与する、台形CSGダム、そしてリアルタイムで工程管理が可能なICT

活用事例等。

リニューアル事例も紹介させて頂きました。小渋ダムの土砂バイパストンネル工事や、洪水で治水の役割を果たした鶴田ダム再開発工事の事例、ダム堆砂の移動システム。

環境保全の視点から、低炭素社会の実現に向けた水力発電の取り組みと、東日本大震災時のダムの多面的機能についてもご紹介しました。

日本は水資源と、山の高低差の位置エネルギーを有する、資源大国でもあります。持続可能な発展の為に、日本にダムは欠かせず、工事の合理化、リニューアル、環境への取り組みは今後も続いていきます。今号で紹介した日本のダム技術と、ダムへの取り組みのご紹介が、関係者の皆様の一助になれば幸いです。

最後になりましたが、ご多忙中にもかかわらず、快くご執筆を引き受けて頂いた皆様に、この場をお借りして深く御礼申し上げます。

(赤神・原口)

機関誌編集委員会

編集顧問

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

編集委員長

田中 康順 鹿島道路(株)

オブザーバ

山下 尚 国土交通省

編集委員

桑原 一登	農林水産省
伊藤 健一	(独)鉄道・運輸機構
篠原 望	鹿島建設(株)
和田 一知	(株)KCM
安川 良博	(株)熊谷組
原口 宏	コベルコ建機(株)
原 茂宏	コマツ
藤永友三郎	清水建設(株)
赤神 元英	日本国土開発(株)
山本 茂太	キャタピラー・ジャパン(株)
久保 隆道	(株)竹中工務店
齋藤 琢	東亜建設工業(株)
相田 尚	(株)NIPPO
船原三佐夫	日立建機(株)
岡本 直樹	山崎建設(株)
川西 健之	(株)奥村組
石倉 武久	住友建機(株)
江本 平	範多機械(株)
京免 継彦	佐藤工業(株)
岡田 英明	五洋建設(株)
藤島 崇	施工技術総合研究所

3月号「新しい建設材料特集」予告

- ・コンクリート補修材料の標準化 海外の動向に学ぶ
- ・ハイブリッド有機繊維コンクリートによる道路橋床版補強工法
HFRCによる橋梁床版補強工法
- ・生分解性吸水高分子ゲルを用いたコンクリートの初期養生
- ・海水練りコンクリート技術の各種構造物への適用
- ・高靱性セメント系複合材料 ECC
- ・低炭素セメントを使用した半たわみ性舗装
- ・柔軟なアスファルト混合物を用いた凍結抑制舗装 アイス・インパクトの開発
- ・軟弱泥土を高機能的に地盤材料に再資源化 ポンテラン工法の原理と特徴
- ・ハイグレードソイル 建設発生土の有効利用技術
- ・樹脂の膨張力でコンクリート床版の沈下を修正
短期間で沈下修正・空洞充填を行うウレテック工法
- ・コンクリートの新補修材料 見える材料・貼る材料

No.756「建設の施工企画」 2013年2月号

〔定価〕1部840円(本体800円)
年間購読料9,000円

平成25年2月20日印刷

平成25年2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 一般社団法人日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内
電話 (03) 3433-1501; Fax (03) 3432-0289; <http://www.jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所	〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154	電話 (0545) 35-0212
北海道支	部 〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8	電話 (011) 231-4428
東北支	部 〒980-0802 仙台市青葉区二丁目16-1	電話 (022) 222-3915
北陸支	部 〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1	電話 (025) 280-0128
中部支	部 〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル5階	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2-8-26	電話 (092) 436-3322

本誌上への広告は(株)共栄通信社までお問い合わせ下さい。

本社 〒105-0004 東京都港区新橋3-15-8(精工ビル5F) 電話 03-5472-1801 FAX03-5472-1802 E-MAIL: info@kyoeitushin.co.jp
担当 本社編集部 宗像 敏

Site Report 1

堤防工事で活躍するハイブリッドショベルZH200(手前)。
公共工事における環境負荷低減への貢献に加えて、
燃費低減、実用性や操作性の良さが現場で高い評価を生んでいます。

NETIS 登録
国土交通省新技術登録システム
登録番号 CG-110016-A

HITACHI

Reliable solutions



さらに価値あるハイブリッドへ

ハイブリッドならではの優れた環境性能と、
さまざまな現場に柔軟に対応する実用性を実現

建設機械としての優れた基本性能と、燃費低減による環境性能の向上、運転コストの低減を目指して開発したのが、新世代ハイブリッドショベルZH200です。ZH200は、新しい省エネ油圧システムと、旋回減速時のエネルギーを電気として再利用するハイブリッドシステムを組み合わせることで、優れた基本性能と20%の燃費低減※を実現しました。環境性能はもちろん、作業性や実用性の良さでもハイブリッドを選べる時代が、いよいよやってきました。

※当社測定方法によるZX200-3 P モード比較



新世代ハイブリッドショベル

ZH200 HYBRID+

ZH200
HYBRID+
スペシャルWEBサイト
公開中



日立建機株式会社

<http://www.hitachi-kenki.co.jp/>

ツルミ電極式自動運転ポンプシリーズ

電力の消費を大幅に削減!

電極式水位センサによる自動運転で、
従来品に比べ約40%の電力消費の削減を実現しました。

工事排水用 水中ハイスピンポンプ

LBA型

吐出し口径: 40・50mm
出力: 0.25・0.48kW
全揚程: 6・8m
吐出し量: 0.1・
0.12m³/min



HSE型

吐出し口径: 50mm
出力: 0.4kW
全揚程: 8m
吐出し量: 0.1m³/min



KTVE型

吐出し口径: 50~100mm
出力: 0.75~5.5kW
全揚程: 10~22m
吐出し量: 0.18~
0.6m³/min



水中泥水ポンプ

HSDE型

吐出し口径: 50mm
出力: 0.55kW
全揚程: 9m
吐出し量: 0.1m³/min



低水位排水用 水中ハイスピンポンプ

LSCE型

吐出し口径: 25mm
出力: 0.48kW
最高排出揚程: 11m(50Hz)
12m(60Hz)



LSRE型

吐出し口径: 50mm
出力: 0.48kW
全揚程: 8m
吐出し量: 0.12m³/min



残水吸排水用 スイープポンプ

LSPE型

吸込×吐出し口径: 25×25mm
出力: 0.48kW
最大吐出し揚程: 8m(50Hz)
9m(60Hz)
最大吐出し水量: 0.06m³/min



電極式水位センサで自動運転を実現

(運転イメージ図)

運転 排水開始

液面リレーユニットの電極部が水没し、
ポンプが運転(排水)を行います。



タイマ作動 水位低下を電極が検知

電極部が水位の低下を検知し、停止タイ
マが約1分間作動します。



停止 約1分後運転を停止

再び水位が上昇し、電極部が水面に触れな
ければ、約1分後ポンプが停止します。



運転 水位上昇を電極が検知

再び水位が上昇し、電極部が水面に触れる
と、ポンプが運転(排水)を開始します。



NETIS
新技術情報提供システム

電極式自動運転ポンプはNETIS*登録商品です。(NETIS登録番号: No.CG-110036-A)

*New Technology Information System=公共事業等における新技術活用を促す国土交通省の新技術情報提供システムです。

株式会社 鶴見製作所

大阪本店: 〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40 TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800
東京本社: 〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8 TEL.(03)3833-9765 FAX.(03)3835-8429

北海道支店: TEL.(011)787-8385 東京支店: TEL.(03)3833-0331 中部支店: TEL.(052)481-8181 近畿支店: TEL.(06)6911-2311 四国支店: TEL.(087)815-3535
東北支店: TEL.(022)284-4107 北関東支店: TEL.(027)310-1122 北陸支店: TEL.(076)268-2761 中国支店: TEL.(082)923-5171 九州支店: TEL.(092)452-5001

www.tsurumipump.co.jp

KOBELCO

低燃費のコベルコ!
低炭素社会の実現へ

しん せい き
新 世 機
たな 代の建

登場、



HYBRID
SK200H 10月販売開始

HYBRID
SK200H。

コベルコの
新世機

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

約16%の燃料削減
(JCMAS測定方式)

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

オフロード法
2011年基準適合

排気ガス後処理装置の搭載により
排出ガス中のPM(粒子状物質)を大幅削減。



コベルコ建機株式会社

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

Mikasa 
http://www.mikasa.com

多様なニーズに確かな技術で応えます。
進化を続ける三笠の自信作。

パイプロコンパクター
MVH-306DSC



防音型
タンピングランマー
MT-55L-SGK
NETIS登録
TH-100005-A



低騒音型
コンクリートカッター
MCD-216S-SGK
低騒音指定番号
4510



低騒音型
パイプレーションローラー
MRH-600DSA
低騒音指定番号
4507



静音型
プレートコンパクター
MVC-F60S
NETIS登録
TH-100006-A



高周波パイプレーター
FX-40RE/FU-161



三笠産業株式会社
MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

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

大阪支店 TEL: 06-6541-9631
札幌営業所 TEL: 011-892-6920
仙台営業所 TEL: 022-238-1521
新潟出張所 TEL: 090-7422-8801

北関東営業所 TEL: 0276-74-6452
長野出張所 TEL: 080-1013-9542
中部営業所 TEL: 052-451-7191
金沢出張所 TEL: 080-1013-9538

中国営業所 TEL: 082-875-8561
四国出張所 TEL: 087-868-5111
九州営業所 TEL: 092-431-5523
南九州出張所 TEL: 080-1013-9558

沖縄出張所 TEL: 090-7440-0404

確かな技術で世界を結ぶ

Attachment Specialists

任意の高さに停止可能

パラレルリンクキャブ



パラレルリンクキャブ仕様車

車の解体・分別処理を大幅にスピードアップ

自動車解体機



自動車解体機

ワイドな作業範囲で効率の良い荷役作業

スクラップハンドラ



スクラップハンドラ仕様車

スクラップ処理で高い作業効率を発揮

リフティングマグネット



リフティングマグネット仕様車

船舶・プラント・鉄骨物解体に威力を発揮する

サーベルシア



MSD4500R

丸太や抜根を楽々切断する

ウッドシア



MWS700R (油圧全旋回式)



マルマテクニカ株式会社

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

■名古屋事業所

愛知県小牧市小針2-18 〒485-0037
電話 0568(77)3312
FAX 0568(77)3719

■本社・相模原事業所

神奈川県相模原市南区大野台6丁目2番1号 〒252-0331
電話 042(751)3800
FAX 042(756)4389

■東京事業所

東京都世田谷区桜丘1丁目2番22号 〒156-0054
電話 03(3429)2141
FAX 03(3420)3336

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>

本誌掲載広告カタログ・資料をご希望の方に・・・

建設の施工企画(月号) 広告掲載下記カタログを請求します。

ご 芳 名			
会 社 名 (校 名)		所 属 部 ・ 課 名 (学 科)	
所 在 地 (または住所)	〒	TEL	
		FAX	
会 社 名	製 品 名		

上記に所要事項ご記入の上 (株)共栄通信社『建設の施工企画』係宛
(〒105-0004 東京都港区新橋4丁目24番3号 TEL03-5472-1801/FAX03-5472-1802)にお送り下さい。

Denyo



デンヨーのNETIS登録製品フルラインアップ完成!

NETIS登録製品を活用して御社の公共工事受注をより有利に!



環境保護ベース 一体型発電機



自動アイドリングストップ機能付 エンジン溶接機



可変圧・可変容量型 エンジンコンプレッサー



●技術で明日を築く
デンヨー株式会社
本社: 〒103-8566 東京都中央区日本橋堀留町2-8-5
TEL: 03(6861)1122 FAX: 03(6861)1181
ホームページ: <http://www.denyo.co.jp/>

札幌営業所 011(862)1221 横浜営業所 045(774)0321 広島営業所 082(278)3350
東北営業所 022(254)7311 静岡営業所 054(261)3259 高松営業所 087(874)3301
信越営業所 025(268)0791 名古屋営業所 052(856)7222 九州営業所 092(935)0700
北関東営業所 027(360)4570 金沢営業所 076(269)1231
東京営業所 03(6861)1122 大阪営業所 06(6448)7131

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー



主な特長

- カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- 機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m（ケーブルハンガーを除く）
- 定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.5m
- 高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- 接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO., LTD

<http://www.kyb-ksm.co.jp>

本 社 ・ 営 業
カスタマーサービス相模事業所
大 阪 支 店
西 部 支 店
三 重 工 場

〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル
〒252-0328 神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号
〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1丁目23番20号 TEK第二ビル
〒812-0016 福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多
〒514-0396 三重県津市雲出長常町1129番地11

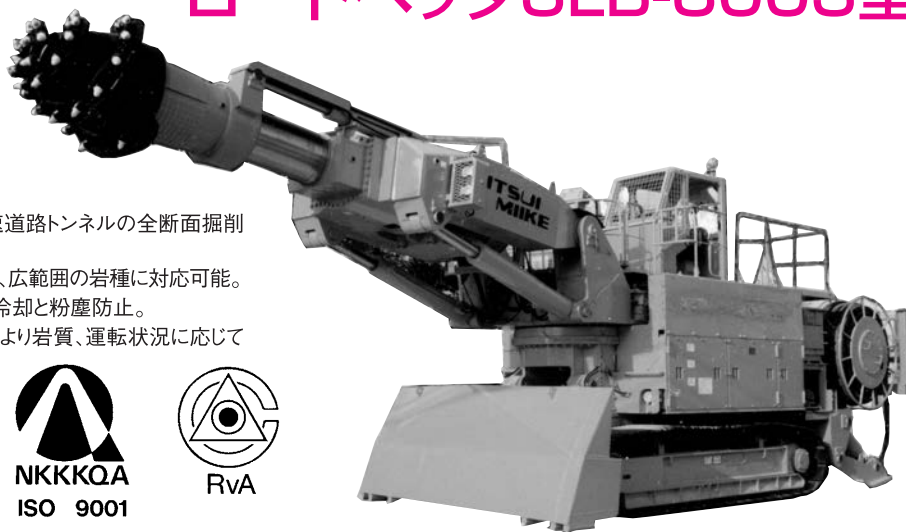
TEL. 03-5733-9444
TEL. 042-767-2586
TEL. 06-6387-3371
TEL. 092-411-4998
TEL. 059-234-4111

安全・高能率な掘削を実現!

全断面对応中硬岩用トンネル掘進機 ロードヘッドSLB-300S型

特長

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



製造・販売・レンタル及びメンテナンス



株式会社 三井三池製作所

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

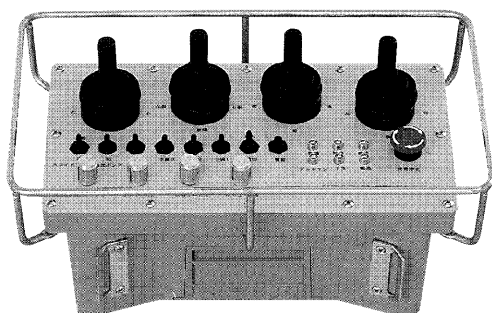
<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

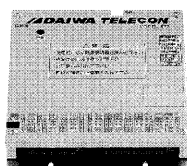
建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

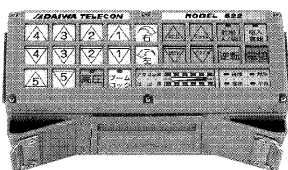
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御 4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

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

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

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

Global Teamwork
KOMATSU

地面のことを考えるように、
空のことも考えよう。

Thumbs up for cleaner air

「日・米・欧 新排出ガス規制*」に適合した
コマツの次世代建設機械。
燃料消費量も平均 10% 低減 (従来機比) しました。
30 機種以上を、次々と発売していきます。

Global Teamwork for Tomorrow

*米国の "Tier 4 Interim"、欧州の "Stage IIIb" につき、
日本では、オフロード法 (特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律)
2011 年基準が適用開始されます。

We are launching over 30 next-generation models certified
for the new emission control standard of Japan,
the United States and Europe.
They are ready to cut down 10% of your fuel expenses
on average, when compared to conventional models.



新サービスプログラム「KOMATSU CARE」
(コマツ・ケア) でサポート。

コマツ国内販売本部

〒107-8414 東京都港区赤坂 2-3-6 <http://www.komatsu-kenki.co.jp>

雑誌 03435-2



4910034350230
00800

「建設の施工企画」

定価 一部 八四〇円

本体価格八〇〇円