

建設の施工企画 11

2011 NOVEMBER No.741

JCMA

コンピュータ制御システム搭載
ドリルジャンボの操作



山岳トンネルとシールド・推進工 特集

- 新しい高効率電気集じん器
- ICTを活用しトンネル工事現場における省エネを一元管理
- 4車線化工事に伴う供用中路線のトンネル坑口改築
- FRPセントルの開発
- 全断面早期閉合における合理化施工
- ドリルジャンボの新技术 海外編
- ラインセンサカメラを用いたトンネル変状検査システム
- 二次覆工一体型シールド切替型推進工法の開発
- 大口径シールド機による急曲線施工
- 非円形断面シールドトンネル用セグメント組立装置
- 覆工コンクリート脱型時期判定システムの開発と導入

社団法人 日本建設機械化協会

平成24年度

(社)日本建設機械化協会会長賞の募集について

拝啓 時下ますますご清栄のこととお慶び申し上げます。

また、平素より、(社)日本建設機械化協会の事業につきまして格別のご理解、ご支援を賜り厚く御礼申し上げます。

本協会では、**(社)日本建設機械化協会会長賞**を創設し、平成元年度から、建設事業の高度化に関し顕著な功績をあげた業績について表彰して参りました。

今年度も下記により受賞候補を募集致しますので、内容をご検討の上、ご応募いただきますようよろしくお願い申し上げます。

敬具

記

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**することを目的とします。

2. 表 彰 対 象

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

3. 表彰の種類

表彰は、本賞（**会長賞**）、**貢献賞**及び**奨励賞**とします。

受賞者には賞状及び副賞として1件につき下記の賞金を授与します。

副賞賞金 本 賞・・・50万円

貢献賞・・・20万円

奨励賞・・・10万円

4. 表 彰 式

本協会通常総会（**平成24年5月30日（水）**）終了後に行います。

5. 応 募

別紙「**(社)日本建設機械化協会会長賞募集要領**」に基づく、**応募用紙**の提出により行われます。なお、**自薦、他薦を問いません**。応募の締め切りは、**平成24年1月31日（火）（必着）**です。

6. 選 考

本協会が設置した「**(社)日本建設機械化協会会長賞選考委員会**」で選考致します。なお、該当する業績が無い場合は表彰致しません。

7. そ の 他

受賞業績は、本協会機関誌「**建設の施工企画**」及び本協会HPに、応募業績は本協会HPに掲載致します。

以上

(社)日本建設機械化協会会長賞募集要領

1. 表 彰 対 象 本協会の団体会員、支部団体会員、個人会員又は関係者のうち表彰目的に該当する業績のあった団体、団体に属する個人及びその他の個人。
2. 募 集 の 方 法 表彰候補の団体、団体に属する個人及びその他の個人の応募による。
3. 応 募 の 方 法 協会所定の応募用紙による。応募用紙は、当協会のホームページ(<http://www.jcmanet.or.jp/>)からダウンロードし、必要事項を記載の上、Word 形式で、電子メールにてお申し込み下さい。
なお、これによりがたい場合は別途お問い合わせ下さい。
4. 記 載 方 法
 - 「業績内容の概要」を記述する(1ページ以内)
 - 「業績内容」(下記 a から j まで項目順に、簡潔に 10 ページ以内)
 - a. 業績の行われた背景
 - b. 業績の詳細な技術的説明
 - c. 技術的効果
 - d. 経済的効果
 - e. 施工または生産・販売実績
 - f. 類似工法または類似機械との比較
 - g. 特許、実用新案のタイトル(出願、公開、登録、国内・国外を明記)
 - h. 波及効果
 - i. 開発コストおよび販売価格
 - j. 他団体の表彰等に応募中か、すでに表彰を受けているかを記述
 - 参考資料として次のものを添付して下さい。
 - a. 特許関係(公開または登録済みのものの写し)
 - b. カタログ
 - c. 学会、技術誌等への発表論文があれば、そのコピー
 - 提出物
応募用紙(「推薦書」・「業績の内容」セットのもの)
参考資料
5. 申 込 ・ 問 合 せ 先
(社)日本建設機械化協会 白鳥宛 E-mail : shiratori@jcmanet.or.jp
TEL 03-3433-1501 FAX 03-3432-0289



平成23年度施工技術報告会

主題「最近の建設技術、保全技術、環境と施工事例」

共催 社団法人 日本建設機械化協会関西支部
公益社団法人 土木学会関西支部
公益社団法人 地盤工学会関西支部

三学・協会では、直接、設計・施工・保全に携わった方々に施工技術の成果を報告していただく「施工技術報告会」を毎年企画しております。過去35回における当報告会には、官公庁・建設業・コンサルタント業をはじめ広範囲の多数の技術者に参加いただき、好評を得ております。

近年、事業の計画・立地に当たっては、現場の自然環境や住環境の保護といった観点から、種々の社会的要求が出され、事業者の企画の困難さは日に日に増しています。これに伴い、技術者も厳しい条件下での設計、施工を余儀なくされており、設計方法・施工方法・使用材料・施工設備など解決すべき問題は多岐にわたっています。このような困難な工事に対応するため、安全、環境との調和を前提に、施工方法の改善・開発さらには新材料・新技術の導入などに努めています。第36回目を迎える今回は、厳しい条件下で施工された工事の中から5件を選び、実際に施工に携わった技術者より施工事例を発表していただきます。日頃直面している諸問題について関係各位の相互啓発にたいへん参考になると存じますので、多数参加いただきますようご案内申し上げます。

記

1. 日 時 : 平成24年2月3日(金) 13:30～

2. 場 所 : 建設交流館8F グリーンホール 電話06-6543-2551
大阪市西区立売堀2-1-2 地下鉄四ツ橋線本町駅23番出口より徒歩5分)

3. プログラム : (※都合により発表順序を変更する場合があります)

13:30～13:35	開会挨拶	社団法人 日本建設機械化協会関西支部 支部長	深川	良一
13:35～14:10	①密集市街地を貫く開削トンネル ー阪神高速神戸山手線（南伸部）の建設ー 阪神高速道路株式会社建設事業本部神戸建設部建設技術課神戸担当課長 阪神高速道路株式会社建設事業本部神戸建設部企画課担当課長 阪神高速道路株式会社建設事業本部神戸建設部神戸山手線建設事務所工事長 阪神高速道路株式会社建設事業本部神戸建設部建設技術課主任 阪神高速道路株式会社建設事業本部神戸建設部神戸山手線建設事務所主任	木代 日野 宮本 ○ 大嶋 後	穰 啓次 義広 昇 昌樹	
14:10～14:45	②多岐に渡る施工環境・条件で成し遂げた複線化 ー J R 嵯峨野線複線化工事ー 西日本旅客鉄道株式会社大阪工事事務所京都事務所施設管理係 西日本旅客鉄道株式会社大阪工事事務所京都工事も副所長 西日本旅客鉄道株式会社大阪工事事務所京都工事も所長	○ 飯塚 新開 山田	信太郎 琢 孝弘	
14:45～15:20	③床版と主桁の一部を同時に撤去する床版取替工事 ー西名阪自動車道御幸大橋（下り線）床版取替第Ⅱ期工事ー 西日本高速道路株式会社関西支社南大阪高速道路事務所改良担当課長 西日本高速道路株式会社関西支社南大阪高速道路事務所技師 川田工業株式会社大阪工事も工事長 川田工業株式会社大阪工事も係長 川田工業株式会社大阪技術部課長 川田工業株式会社大阪技術部主任	光田 木原 山田 龍頭 水野 ○ 原	剛史 通太郎 秀美 実 浩 考志	
15:20～15:35	休憩			
15:35～16:10	④ダム湖内における地すべり対策工事の施工 ー大滝地区地すべり対策工事ー 国土交通省近畿地方整備局紀の川ダム統合管理事務所所長 国土交通省近畿地方整備局紀の川ダム統合管理事務所建設監督官 鹿島建設株式会社関西支店大滝工事も事務所所長 鹿島建設株式会社関西支店大滝工事も事務所工事課長代理	牟禮 若林 芦田 ○ 森田	輝久 常次 徹也 真幸	
16:10～16:45	⑤CSM 工法による土留壁の構築 ー阪神高速道路正蓮寺川東開削トンネル工事ー 阪神高速道路株式会社建設事業本部大阪建設部淀川左岸線建設事務所主任 株式会社間組大阪支店阪高正蓮寺川東作業所所長 株式会社間組大阪支店阪高正蓮寺川東作業所副所長 株式会社間組大阪支店阪高正蓮寺川東作業所工務課長	片山 竹内 市原 ○ 佐伯	大介 廣高 栄二 賢一	
(※施工時の所属・役職名を記載しておりますので現所属・役職名と異なる場合があります)				
16:45～16:50	閉会挨拶	公益社団法人 土木学会関西支部支部長	田中	清剛

4. 定 員 : 200 名 (先着順)
5. 参 加 費 : 会員 5,000 円、非会員 7,000 円 (いずれも講演概要資料代含む)
6. 申し込み期限: 平成 23 年 12 月 22 日 (木)
7. 申し込み方法: 参加申込書に勤務先、連絡先、氏名、会員の所属学・協会名を明記し、参加費とともに現金書留にて下記へお送り下さい。参加証をお送りいたします。なお、納入された参加費の払い戻しはいたしませんので、ご了承下さい。官公庁・公社公団等で参加費を別途お支払いの場合は、申込書の連絡事項の欄に請求書等必要書類をご指示ください。
8. 申込先: 公益社団法人土木学会関西支部
〒541-0055 大阪市中央区船場中央 2-1-4-409
TEL.06(6271)6686 FAX.06(6271)6485
e-mail : inf@civilnet.or.jp

平成 23 年度 施工技術報告会

参加申込書

連 絡 者	勤務先名称		
	氏名・部署		
	所 在 地	〒	
		TEL :	FAX :
参 加 者	氏 名	所属学・協会名	勤 務 先 部 課 名

連絡事項:

2012年（平成24年）9月11日（火）
第13回建設ロボットシンポジウム
(The 13th Symposium on Construction Robotics in Japan)
ー 建設産業をリードするロボット技術（RT）&情報通信技術（ICT）ー
論文募集のご案内

会場：早稲田大学 国際会議場 井深大記念ホール （総合学術情報センター）
（東京都新宿区西早稲田1-20-14、TEL：03-5286-1755）

■主催（順不同・予定）

公益社団法人土木学会、社団法人日本建築学会、一般社団法人日本ロボット学会、財団法人先端建設技術センター、社団法人日本建設機械化協会、社団法人日本ロボット工業会

■後援（順不同・予定）

経済産業省、国土交通省、独立行政法人土木研究所、独立行政法人建築研究所、社団法人日本建設業団体連合会、公益社団法人地盤工学会

■協賛（順不同・予定）

一般社団法人日本機械学会、社団法人電気学会、公益社団法人計測自動制御学会、公益社団法人精密工学会、社団法人日本測量協会

■趣旨

このたびの東日本大震災及び福島原子力災害の被災地の方々におかれましては心よりお見舞い申し上げます。今般、建設ロボット研究連絡協議会及び建設ロボット関連団体共催による「**第13回建設ロボットシンポジウム**」を開催いたしますので、ここにご案内申し上げます。

平成23年3月に発生した東日本大震災における復旧・復興で大きな役割を担っている建設ロボットや無人化施工システム等に対する社会的評価が高まり、危険作業のロボット化など新たな分野を含めて、その効果的かつ長期的な活用が強く望まれている現状にあります。

一方、ロボット技術や情報通信技術等の急速な進歩により、従来、極めて困難とされていた建設工事における高度な省力化・自動化・ロボット化が可能になりましたが、解決しなければならない問題も数多く残されていることも事実であります。具体的な解決方法として新しい技術によって電子化された多くの情報を上手く活用していく工夫も課題になっています。

このような時代背景に沿って、わが国の建設産業における建設ロボット分野の技術革新と建設生産システムの先進化を促進するために、本シンポジウムの総合テーマ「**建設産業をリードするロボット技術（RT：Robot Technology）&情報通信技術（ICT：Information and Communication Technology）**」の下、今回はサブテーマとして「**巨大災害を越えて明日の日本を創る建設ロボット**」を掲げております。

本シンポジウムでは、土木・建築をめぐる施工分野でのロボット技術（RT）と情報通信技術（ICT）との現状と将来を展望するとともに、建設生産の将来展望、計画・管理技術、要素技術、適用事例等の発表を予定しており、わが国の国土基盤整備や新領域等の各分野をめぐる諸問題を解決すべく建設ロボットの開発とその導入、普及促進等に寄与することを期待しております。

以上の主旨と内容をご理解の上、関連する各分野からの積極的な論文のご応募とご参加を頂きます様、ご案内申し上げます。

■優秀論文賞の表彰

本シンポジウムでは、投稿頂いた論文の中から、審査委員会の審査を経て、優秀な論文に対して表彰します。

■併催事業

併催事業として、本シンポジウムテーマに関連しているロボット及び関連機器等に関するパネルおよびポスター等の展示を目的とした、パネル&ポスター展示（出品有料）を企画しています。

■論文募集内容

論文の応募に際しては、以下の各セッションの内容や項目を参照して下さい。各セッションの名称については変更できませんが、セッション内のそれぞれの項目については代表的と思われるものについて列挙しております。

- (1) 建設生産についての将来展望
 - ①建設ロボット開発をめぐる状況、②建設現場のロボット化・ICT化のニーズ、③ロボット化施工と設計の課題・BIMへの対応、④ロボット化をめぐる計画・管理の諸問題、⑤その他
- (2) 計画・設計・管理技術
 - ①工事計画（工程計画、工事シミュレーション）、②管理技術（3Dデータ、VR、施工シミュレーション、GIS関連、3D-CAD、4D/5D-CAD、ステージコンストラクション、設計最適化）、③ICTの活用（データベース、CALS/EC、データ交換）、④その他
- (3) 新領域への取り組みとアプリケーション
 - ①環境保全（地球温暖化対応、省エネ）、②工事環境改善（騒音・振動、粉塵対策、環境モニタリング、作業環境の向上）、③安全性向上（安全監視、安全装置・システム、防犯）、④危険物処理（発掘処理、アスベスト除去、汚染土処理・除去）、⑤統合化生産システム（ビル、トンネル、ダム、海洋、造成、道路、地下・基礎）、⑥低コスト化（ライフサイクルコスト低減、省力・省人、施工最適化）、⑦工期短縮（急速施工、プレハブ化）、⑧無人化（無人化施工、遠隔操作、オペレーション支援）、⑨災害対応（探査技術、災害復旧技術、耐震・液状化対策）、⑩その他
- (4) ライフサイクルへの適用
 - ①維持管理（メンテナンス、クリーニング、運用、サービス）、②調査診断（検査、計測、点検、構造モニタリング、センサネットワーク）、③リニューアル・解体（補修、改修、解体自動化）、④その他
- (5) ロボット・キーテクノロジー
 - ①センシング・認識（センサ開発、ビジョン、音声認識、SLAM）、②アクチュエーション・メカニズム（アクチュエータ開発、新メカニズム）、③制御系（テレオペレーション、パワーアシスト、人ロボット協調）、④マニピュレーション（エンドエフェクタ、作業理解、作業モデル）、⑤移動（移動メカニズム、ナビゲーション）、⑥インテリジェンス（学習、人工知能、環境構造化、ユビキタス）、⑦ヒューマンインタフェース（操作デバイス、ディスプレイ技術、VR）、⑧システムインテグレーション（作業移動、ヒューマノイド、RTミドルウェア化）、⑨その他

■論文募集要領（優秀な発表論文を表彰いたします。）

論文審査は論文アブストラクト審査と本論文審査の2段階とします。

採択論文の登載および発表については、20,000円の登録料が必要となります。

- (1) 応募者は論文要旨（アブストラクト）A4判用紙2枚（和文で1,000字程度）以内に下記事項を記入の上、送付して下さい。
 - ①テーマ内容番号（例：ICTの活用（2）－③）
 - ②論文題目
 - ③発表者名（連名の場合は、発表者に○印）
 - ④勤務先名、所属、役職、勤務先住所、TEL、FAX、E-mail
- (2) 論文アブストラクト提出締切日：平成24年1月27日（金）（事務局必着厳守）
- (3) 審査の上、採用決定論文については、本論文の作成を依頼します。

本論文は、6頁以上10頁以下とし、その構成（目的、方法、結果と考察、結論）、文章及び図表等は、学術論文として相応しい体裁で仕上げて下さい。
- (4) 本論文提出締切日：平成24年4月27日（金）（事務局必着厳守）

なお、審査の上、査読結果を6月頃に通知します。
- (5) 論文発表時間：20分／編（予定）

問合せ先・送付先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館
社団法人日本ロボット工業会 建設ロボットシンポジウム事務局
TEL：03-3434-2919、FAX：03-3578-1404
E-mail：forum@jara.jp、URL <http://www.jara.jp/>

建設の施工企画

2011 年 11 月号 No. 741

目 次

山岳トンネルとシールド・推進工 特集

3	巻頭言 トンネル建設と技術者のロマン	中川 浩二
4	新しい高効率電気集じん器	平 孝次・小峰 新平
11	ICT を活用しトンネル工事現場における省エネを一元管理 新東名 鳳来トンネルにおけるスマートサイトシステム	横山 勝彦・鈴木 正憲・藤井 攻
15	4車線化工事に伴う供用中路線のトンネル坑口改築	田中 直樹・山下 裕司・西森 嘉昭
20	FRP セントルの開発	瀬崎 満弘・源石 佳弘
25	全断面早期閉合における合理化施工	石山 宏二・大谷 達彦・高橋 誠二
30	ドリルジャンボの新技术 海外編 RCS (リグコントロールシステム) によるコンピュータ制御	鏡田 昌孝
35	ラインセンサカメラを用いたトンネル変状検査システム トンネルスキャナー	鵜飼 正人・下田 一也
42	二次覆工一体型シールド切替型推進工法の開発 デュアルシールド工法	南雲 重孝・中村 浩・小野塚良明
47	大口径シールド機による急曲線施工	田辺 和也・原 秀平
52	非円形断面シールドトンネル用セグメント組立装置 ラック&ピニオン駆動モノレール式セグメント組立装置の開発	栗生 暢雄・杉山 雅彦
57	覆工コンクリート脱型時期判定システムの開発と導入 T-JUDG システムによる強度推定	宇野洋志城・京免 継彦
62	一般報文 日本一を目指す名古屋国道の現場力(その3)「見える化」で変わる(「見える化」編)	高橋 敏彦
66	交流の広場 発破による解体技術	新藤 孝志
69	ずいそう ゴジラ襲来	田中 康正
70	ずいそう 繋ぐ夢	三谷 齊
71	CMI 報告 溝を有する孔内に打設されたアンカーボルトの引抜き試験	寺戸 秀和
75	部会報告 我が国における締固め機械の変遷(その3. 昭和50年代)	機械部会 路盤・舗装機械技術委員会(締固め機械変遷分科会)
83	部会報告 京極発電所新設工事見学会	建設業部会
85	部会報告 九州新幹線(西九州)、俵坂トンネル(西)他工事見学会後記	機械部会 トンネル機械技術委員会
88	部会報告 ISO/TC 195(建設用機械及び装置専門委員会)中国・北京国際会議報告	標準部会
93	新工法紹介	機関誌編集委員会
94	新機種紹介	機関誌編集委員会
96	統計 平成23年建設業の業況	機関誌編集委員会
98	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
99	行事一覧(2011年9月)	
102	編集後記	(京免・江本)

◇表紙写真説明◇

ドリルジャンボの新技术 海外編
RCS (リグコントロールシステム) による
コンピュータ制御

写真提供: アトラスコブコ(株)

新しいドリルジャンボでは、高度なリグコントロールシステム(コンピュータ制御システム)の搭載により、運転操作の向上のみならず、高精度なトンネル掘削管理が可能となっている。表紙写真は、人間工学に基づいた多機能ジョイスティックと様々な情報を表示可能なディスプレイによるドリルジャンボの削孔操作状況である。

平成 23 年度「建設施工と建設機械シンポジウム」のご案内

“建設機械と施工法”に関する技術の向上を目的に、技術開発、研究成果の発表の場として「建設施工と建設機械シンポジウム」を毎年開催しております。本シンポジウムでは、「社会を支える建設施工と建設機械」をテーマとし、①災害、防災、復旧・復興 ② ICT の利活用 ③品質確保とコス

ト縮減 ④環境保全、省エネルギー対策 ⑤安全対策 ⑥維持・管理・補修の6項目に関連する発表を行うほか、東日本大震災「建設機械が果たした役割とこれからの課題」として、パネルディスカッションや特別講演を予定しております。参加申し込みは、当協会ホームページをご覧ください。

会期：平成 23 年 11 月 30 日(水)
～ 12 月 1 日(木)
詳細問い合わせ先：
(社)日本建設機械化協会
シンポジウム実行委員会事務局 両角
TEL：03-3433-1501
FAX：03-3432-0289
<http://www.jcmanet.or.jp>

第 5 回 日本建設機械化協会 研究開発助成

建設機械及び建設施工技術に係る研究開発・調査研究であって、以下のいずれかに該当する新規性、必要性又は発展性が高いとともに、研究計画に妥当性があると判断されるものを対象とします。

- ①建設機械と建設施工の合理化
- ②建設機械と建設施工の環境保全
- ③防災・安全対策・災害対応
- ④建設施工の品質確保

⑤東日本大震災からの教訓に基づく技術開発

1. 助成対象者

大学、高等専門学校及びその附属機関、もしくは法人格を有する民間企業等に所属する研究者及び研究グループ

2. 助成内容

- ① 1 件につき原則 200 万円以内
- ② 原則として研究着手時に全額を交付
- ③ 研究は単年度で完結させるものとし、同一テーマへの助成は 2 回まで

3. 公募期間

8 月 1 日(月)～ 10 月 31 日(月)；終了

4. 助成決定

平成 23 年 12 月中旬
詳細問い合わせ先：
(社)日本建設機械化協会
研究開発助成事務局 鈴木
TEL：03-3433-1501
FAX：03-3432-0289
<http://www.jcmanet.or.jp/>

平成 23 年度建設機械施工技術検定試験

－ 1・2 級建設機械施工技士－

平成 23 年度 1・2 級建設機械施工技術検定試験を次の通り実施しております。

この資格は、建設事業の建設機械施工に係る技術力や知識を検定します。(次の記載内容は概略ですので、詳細は当協会ホームページを参照又は電話

により問合せください。)

1. 申込み受付

4 月 8 日(金)；終了

2. 試験日

学科試験：6 月 19 日(日)；終了

実地試験：平成 23 年 8 月下旬から 9 月中旬；終了

3. 合格発表 11 月下旬

詳細問い合わせ先：
(社)日本建設機械化協会 試験部
TEL：03-3433-1575
<http://www.jcmanet.or.jp>

2012 年開催「国際大ダム会議」出展募集のご案内

「国際大ダム会議第 80 回年次例会及び第 24 回大会」が 2012 年に開催されます。会議の一環として展示ブースが設置されることとなっており、当協会においても出展を行います。この展示ブースにパネル展示を希望される会員様を募集致します。

1. 募集内容

展示パネルサイズ(基本)：A1 縦長パネル
利用料(A1)：30,000 円/枚

申込期限：平成 23 年 8 月 1 日(月)；終了

2. 展示概要

期間：平成 24 年 6 月 5 日～ 8 日

場所：国立京都国際会館

展示ブース(1 ブース)の大きさ：
3.0 × 3.0 × 2.5 m (幅×奥行き×高さ)
詳細問い合わせ先：
(社)日本建設機械化協会 白鳥
TEL：03-3433-1501
FAX：03-3432-0289
e-mail：shiratori@jcmanet.or.jp

巻頭言

トンネル建設と技術者のロマン

中 川 浩 二



何年か前、某紙に「臨床トンネル工学のすすめ」と題して思うところを書かせていただいたことがあった。そこではトンネル施工技術を数値解析などの室内作業のみではなく、実際に切羽を見て施工方法等を判断していく臨床技術の工学としての大切さを述べさせていただいた。

あれからおよそ10年、相変わらず西日本を中心に毎月30近い切羽を見て主として発注者技術者に施工方法などのアドバイスをさせていただいている。当初はとにかく見ているだけだったものからだんだん自分の主張をするようになり数年前からは「革靴で入れて、新聞の読めるトンネル坑内」という一つのキャッチフレーズを押し付けようとしている。

かつての山岳トンネル現場は暗く、また湧水があれば足元がぬかるみとなるのは通常であったように思う。しかし最近では特に厳しい湧水状況にある現場は別にして「革靴と新聞」が現実のものとなってきたようである。

かつてのトンネル現場の労働条件は厳しかったようである。そこでは『黒部の太陽』に見られるように命がけの場所がすなわちトンネル現場、と言えたのであろうか。しかし最近では多くのトンネルでは作業員は重機のオペレーターであり、札束で頬を張られて働いたという昔聞いた夢のような話は遠くかなたへ過ぎ去り、今では皆あたりまえの作業員となっているのであろう。当然元請けの職員たちも同条件であり、通常の技術者が通常の作業環境の中で作業をするのだから作業環境が限りなく特殊でなくなるのは当然のことであろう。

山岳トンネルの施工は面白い。山が悪くなれば技術者対神様のお創りになった地山との知恵比べである。おこがましくも何とかクリアしたときの喜びは大きい（神に勝ったなどとは絶対に言わないが）。

「山岳トンネルの設計はトンネルが貫通したときに完成する」という言葉を時に耳にする。しかし自治体等の発注者から（もしかしたら議会から）設計に対して施工金額が大きくなるのはおかしい、との批判は相変わらず厳しいようである。この批判を受けることによりせつかくの技術者としての喜びが著しく小さなものとされることはいかにも面白くないことである。トンネルは掘ってみなければわからない、というのはある程度は真実であろう。わからないものはやっぱりわからないのである。わからないものをわかったように報告書を作ったり、設計とは異なった施工結果となっているのに金額だけは合ったようなつじつまあわせはやめるべきであろう。とは言うものの事前設計を合理的、効率的に行うのに必要な条件を明らかにする事前調査がもっともっと工夫されてもよいように思う。

ものづくりは楽しい。当然未知のことに挑戦するにはリスクもある。そのリスクを小さくすることに心がけると同時に創意工夫により良いトンネルを掘る技術を発展させてこそ臨床トンネル工学であろう。医学の世界それでも大病院などにおける第一線のお医者さんの姿を見ると私たち第一線で切羽に向かう技術者として多くの学ぶべきものを感じる。良い環境の下で安全にかつ早く安くしかも適切に建設する喜びを参加するもの全員で共有したいものである。

——ながわ こうじ NPO 法人 臨床トンネル工学研究所 理事長——

新しい高効率電気集じん器

平 孝次・小 峰 新 平

昭和 30 年代に各地で公害問題が発生した。その後、全国環境は大幅に改善されてきた。

現在ではトンネル工事現場でも環境浄化が求められ、初期はフィルタ式集じん機が、続いて電気集じん器が使われるようになってきた。しかしながら、前者は動力消費量が大きく、後者は荷電不良による不具合が指摘されていた。

そのような状況下、産業界で培われてきた電気集じん装置の技術を応用することで、トンネル工事用電気集じん器の性能向上が図られ、ランニングコスト低減を含む数々のメリットが得られるようになってきた。

本稿は、今後の活用が期待されている高効率電気集じん器の特長を詳しく述べるものである。

キーワード：地下空洞、閉鎖空間、トンネル工事、坑道内浄化、じん肺予防、換気装置、電気集じん、吸入性粉じん、微細岩石、浮遊粉じん、コロナ放電、集じん電極、放電電極、水洗浄、じん肺

1. はじめに

日本が高度経済成長に入った昭和 30 年代は、それまでに制定されていた各種の公害防止基準が緩く、民間の製造工場や自治体の焼却場から排出された煤じんや汚水で、周辺の環境は全国的に汚染されていた。その後公害防止法が順次整備され、大気・水質・騒音・振動・悪臭などに関する基準値が厳しくなり、我々を取り巻く環境は大幅に改善されてきた。

大気汚染に関して見てみれば、煙突から放出される煤じんや酸性ガスやダイオキシン類などの有害物質についても、その排出基準が格段に強化されてきた結果、大都市近辺はもとより地方の都市や山間地域に至るまで、煙突から黒煙がモクモクと吐き出されている光景はほとんど見られなくなった。

同様に、環境浄化要求は公共的な集会場所や一般事務所や電車・バス内などにも及び、受動喫煙を防止するために分煙・禁煙を進めるのが当たり前になってきた。

最近では対策がさらに進められ、各種の工事現場でも粉じん飛散を極力抑えることが求められるようになってきた。例えば、ビル解体現場においては大きな覆いを設置し、その中で工事を行うようになってきた。

そのような粉じん飛散対策はトンネル工事現場も例外ではなくなった。作業員の健康への影響を懸念する

声が高くなり、1990 年頃から徐々に集じん装置が使われるようになってきた。代表的な集じん装置としては、初期はフィルタ式集じん機が、続いて電気集じん器が使われるようになってきた。

しかしながら、前者では主として動力消費量が大きく、ランニングコストが高くなるのがネックになっていた。かつ、後者では主に荷電不良による不具合が指摘されていた。

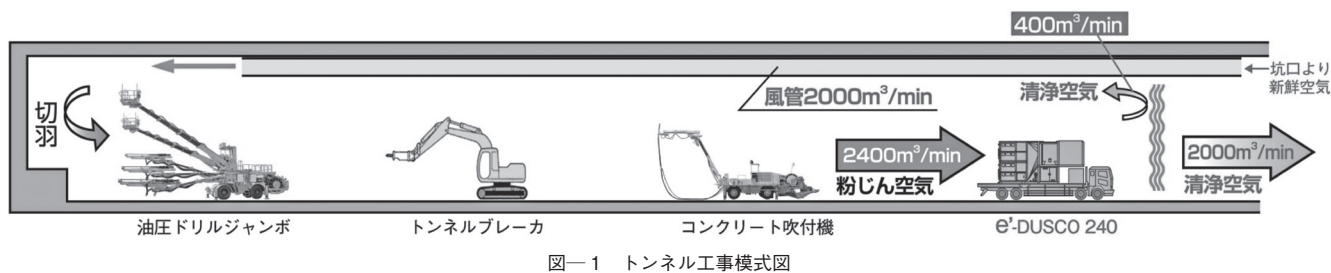
そのような状況下、産業界で培われてきた電気集じん装置の技術を応用することで、トンネル工事用電気集じん器における性能向上が図られ、ランニングコスト低減を含む数々のメリットの存在が明らかになってきた。

本稿においては、今後の活用が期待されている高性能電気集じん器の特長について詳しく報告したい。

2. トンネル工事用集じん装置使用の背景と現状

トンネル工事現場はほぼ閉鎖空間である。しかもその狭い空間の先端部では、トンネルジャンボ機による削岩や爆薬を使った岩盤発破、ずり出しとコンクリート吹き付け等の発じんを伴う工事が行われている（図—1）。

そのような場所での工事となるので、当然空間内に



図一 トンネル工事模式図

はおびただしい量の粉じんが浮遊する。かつ、その粉じんは微細で重力による短時間での沈降は期待できないことから、工事に従事する作業員のじん肺等罹患への可能性が指摘されていた。

そのため、近年のトンネル掘削工事現場では、粉じん空気を清浄空気と置換するための外気導入用通風装置の設置に加え、産業用のろ過式集じん機を小型化したフィルタ式集じん機や、道路トンネル用電気集じん装置を転用した移動式電気集じん器が使用されるようになってきた。

ここでは、一般産業機械分野での集じん装置の使われ方と、それがトンネル工事現場に導入されるようになった経緯、及びそうした使われ方における特徴などについて述べる。

(1) 産業機械としての集じん装置の概要

製造業を始めとする各種産業においては、それぞれの用途に最も適した集じん装置が使われてきている^{1),2)}。中でも、集じん効率が高く使い易いフィルタ式集じん装置と電気集じん装置が多く使われている。

最初にフィルタ式集じん装置について述べる。この集じん装置の構造は至って単純で、フィルタと称されるろ布に対し、粉じんを含む気体（空気・低温排ガス）を通過させることで、その中の浮遊粒子をこし取るという方式である（図一2の左）。

使い易いのが特徴で、当初は綿製ろ布であったが徐々に改良が加えられ、現在では耐食性を持たせたテフロ

ン系繊維を使用したろ布や、耐食性と耐熱性を併せ持つセラミックスを使用したろ布まで開発されている。

そのようにして発展してきたフィルタ式集じん装置は、産業機械レベルの大型のものから家庭の電気掃除機に至るものまで、非常に幅広い分野で使用されている。

一方で、電気集じん装置はその処理の対象となるガスや粉じんの条件が幅広く、フィルタ式集じん装置のそれに比較して厳しい条件下で使用されてきた。

例えば、常温から400℃超という幅広い温度域の空気やガスや水蒸気ほかの気体中の浮遊粉じんの捕集も可能である。さらに、個々の粒子が湿気を帯びていても集じんすることができる。即ち、フィルタ式集じん装置では適用が不可能な、ろ布耐熱よりも高い温度雰囲気下のガスクリーニングとか、強い酸性でろ布が短時間に劣化してしまうような場合、あるいは捕集物が高い潮解性を有し、そのままではフィルタが目詰まりしてしまう場合など、非常に過酷な条件下でも対応することが可能である。

そのような理由から、製鉄・非鉄金属製錬・セメント製造・窯業・パルプ・火力発電など、多くの産業分野において有効な排ガス集じん装置として利用されてきた^{3)~7)}。

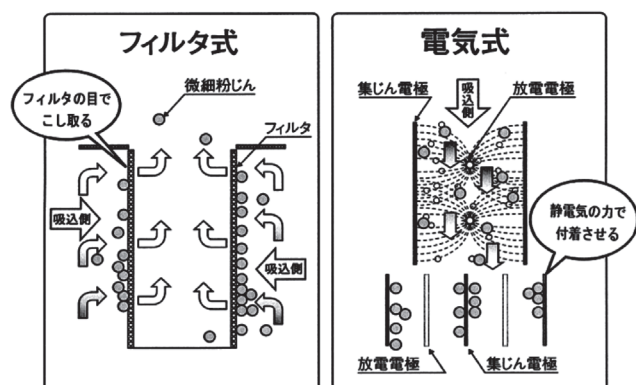
このようにして各分野で利用されてきた電気集じん装置にあっても小型化・高性能化が進められ、現在はハイテククリーンルームの空気清浄化や、病院やビルの屋内集じんにも使用されている。最も小型化されたものは一部の市販乗用車にも搭載されている。今回紹介する電気集じん原理の模式を図一2の右に示す。

このようにして、フィルタ式集じん装置と電気集じん装置は、代表的な大気汚染防止装置としてそれぞれの特徴に見合った形で使い分けされてきた。

(2) フィルタ式集じん装置のトンネル工事への導入

前述のように利用される過程でフィルタ式集じん装置はその大きさや用途に応じて無数に細分化されていった。

それらの利用途の一つに、トラック搭載型のフィルタ式集じん機がある。その装置では、集じん操作に必



図二 集じん原理比較図

要とされる全ての機能を備えつつ小型化されたものであり、移動式であるが故に大きな利便性を持っている。

この機種をトンネル工事現場でできるように改良して完成させたものがトンネル工事用フィルタ式集じん機で、大型トラックで工事現場に搬入し、トラック台車に載せて使用する。そして工事の進捗に合わせ、トラック台車ごと移動し集じんすることで、トンネル内工事現場の粉じん対策として使用されてきた⁸⁾。

しかしながら、一般にフィルタ式集じん機で微細な粒子を捕集しようとする場合、当然そのフィルタ（ろ布）の目開き（孔のサイズ）を細かくしなければならない。その細かさに応じ空気を通過させる抵抗は高くなる。

また時間の経過と共に粉じんがろ布の表面に層状に堆積するので、払い落とし難い性状の微粒子を捕集し続ける場合、その抵抗は一段と高くなる。

このようなことで、含じん空気を通過させる（ろ過する）ための動力消費量が大きいという点が指摘されていた⁹⁾。

またトンネル内は多湿環境になることがあるが、そのような中では結露しやすく、水分を帯びた粉じんがフィルタを目詰まりさせる可能性も指摘されていた。

(3) 電気集じん装置のトンネル工事への対応

前述した産業用電気集じん装置の一分野に、道路トンネル用定置式電気集じん装置という用途がある。

それは、トンネルや地下道路を通過する車が出す排気ガス中に含まれる粒子状物質（主として黒煙粒子）を集じんする目的で使用されていて、全国各地の国道あるいは県道のトンネルや都市部の地下道路などで使用されている。

最近、この道路トンネル用電気集じん装置の技術を転用し、トンネル工事用電気集じん器として使用する例が増えてきた。

しかしながら、トンネル工事はある期間だけ行われる事業なので、工事完了と共に急遽搬出して次の場所に移動するなど、機械的に過酷な条件下で使用される例が多くなっている。そのため、コロナ放電部の断線を始めとする荷電不良による故障が生じやすかった。

即ち、動力消費量が少ないのでフィルタ式集じん機に比べてランニングコストは低いが、放電電流の低下や故障発生という面から使い難いという欠点が指摘されていた⁸⁾。

3. トンネル工事用集じん装置に求められるもの

前述のように、従来のフィルタ式集じん機は処理時間の経過と共にろ布表面へのダスト層形成により通気抵抗が増大し、結果として動力消費量が大きくなり不経済であるという指摘がされていた。

同じく、トンネル工事で使われるようになった電気集じん器では、放電極の断線による高電圧荷電不良が生じることがあり、使い難いという欠点が出されていた。

そのような経過から、トンネル工事用電気集じん器においては産業用電気集じん装置のように高性能で故障発生が少ない設備が求められていた。

換言すれば、一般産業用電気集じん装置製造のノウハウを駆使したトンネル工事用電気集じん器の出現が待たれていた。

以下にその需要を満たすことのできる新しいトンネル工事用の電気集じん器に関して記述する。

(1) 具備すべき項目

上に述べてきたトンネル工事用電気集じん器に関しては、以下のような条件を満たすことが求められていると考える。

- ①所要動力を低く抑えることで、昨今のエネルギー事情にマッチした運転を可能にすること
- ②放電電極の断線故障を無くし、常時安定したコロナ放電を行うことで、集じん効率を高く維持できること
- ③処理空気を安定的に通過させることで、トンネル内で常に最良のエアーカーテン効果を発揮すること
- ④人体にとって有害な領域とされる、吸入性粉じんと言われる微粒子を有効に捕集すること
- ⑤搬送ほかあらゆる面で、過酷な使用条件に耐えられるようにすること

(2) 新しい高効率電気集じん器の概要

前項のような経緯をもって新開発されたトンネル工事用電気集じん器の主要諸元を表—1に示す。同じく、トラックに搭載した姿を図—3に、実際に使用されている様子を写真—1に示す。

図—3及び写真—1から分かるように、トンネル工事用電気集じん器は10トン低床トラックに載せて搬入し、当該トンネル工事現場で使用する。トラックに載せた状態で使用するの、トンネル内の横移動が容易に行える。同じく、工事終了後は持ち帰って返納

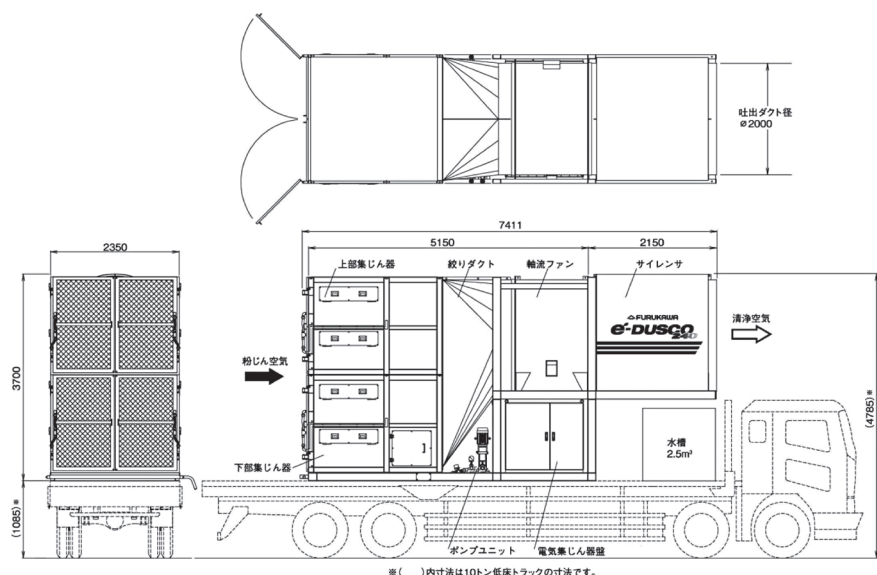


図-3 トラック搭載図

表-1 高効率電気集じん器の主要諸元

品名	e' - DUSCO240
型式	FTE2400
処理風量	2400 m ³ /min
本体全長	7411 mm (サイレンサ含む)
本体全幅	2350 mm
本体全高	3700 mm
本体重量	10 t
電源仕様	3 相 3 線 400 V 58 kVA
ファン動力	30 kW
消費電力	33 kW
洗浄水	2.4 m ³ / 回
捕集ダストの処理	湿式
集じん効率	95%以上 (JIS Z 8808)



写真-1 稼動中の高効率電気集じん器

整備を行い、速やかに次のトンネル工事現場に移送することができる。

(3) 従来のトンネル工事用集じん装置との比較

実際のトンネル工事現場で得られたデータの一例を表-2に示す。続いて、従来のトンネル工事用フィ

ルタ式集じん機と電気集じん器、及び新しい高効率電気集じん器の仕様の比較を表-3に示す。同じく、それぞれの集じん方式の特徴ほかを表-4に示す。

表-3と表-4から明らかなように、産業界で使用されている技術を取り入れることで開発されたトンネル工事用電気集じん器は、従来のトンネル工事用フィルタ式集じん機や、これまでの電気集じん器と比較して非常に優れた結果を出している。

まず、フィルタ式集じん機と比較すれば、表-2と表-3からトンネル工事用電気集じん器は動力消費量が格段に小さいことが分かる。

次に、従来のトンネル工事用電気集じん器と比較してみれば、今回の電気集じん器は写真-2に示すような特殊な加工がされているブレード式放電電極を採用しているため、従来の細い電線式放電電極が原因であった断線による故障は全く生じない。

また、特別に設計された電源トランスの適切な荷電調整により、オゾンの発生量が極めて低い値に抑えられている。

表-2 実証運転データ

項 目		ケース 1	ケース 2
消費電力測定	測定日	2010/5/15	2010/6/14
	消費電力	31.4 kW	31.3 kW
CO ₂ 排出量 (0.561 kg/kWh)	1 日 当 たり	352 kg/日	351 kg/日
	1 年 当 たり	105,600 kg/年	105,300 kg/年
出口含じん濃度 (LD-3K2 K値:0.002)	測定日	2010/5/15	2010/6/21
	含じん濃度	0.262 mg/m ³	0.340 mg/m ³
施工時間	組立	6 時間	6 時間
	解体	6 時間	5 時間

表—3 従来の集じん機と高効率電気集じん器の比較表

	フィルタ式集じん機	今までの電気集じん器	今回紹介の電気集じん器
集じん原理	- 所要面積のフィルタ（布やフェルト）を通過させ、気体中の粉じんをろ過して捕集する。 - フィルタに付着した粉じんは定期的に圧縮空気で吹き飛ばす。	- 空気の入り口部（前段）でマイナスに荷電させ、後段の集じん部の電極で粉じんを捕集する。 - 捕集した粉じんは、定期的に散水洗浄して流し去る。	同左
集じん特性	- フィルタ上に粉じん層が形成されると、微細な粒子に対しても安定的に集じんすることが可能である。 - エアブロー時は微細な粒子が飛散する（出口粉じん量が増加する）。	- 荷電部と集じん部に対する電流・電圧調整が適切であれば、粗粒子から微粒子まで幅広く集じんすることができる。 - 煙霧程度の超微細な固体から、濡れたダストや霧状液体でも集じんすることができる。	同左に加え、 特殊な電極の採用で、長時間にわたる高効率運転が可能である。
長所	トンネル工事では実績が多く、安定した集じんができる。	- 荷電部も集じん部も空気の流れが阻害されないので、通気抵抗は全時間帯を通して低い値に保たれる - 従って、処理風量の低下が生じない。即ち、いつでも仕様通りの風を流すことができる（別表—4参照）。 - 集じん特性にある通り、粒子はもちろんであるが湿度の高い物質でも集じんすることができ、しかも目詰まりすることが無い。	同左に加え、 - 産業界の過酷な使用現場に納入してきた電気集じん装置製造の実績を踏まえ、断線しない放電電極を開発して採用している。 - 流体力学上の配慮により、通気抵抗を低く抑えているので圧損が少なく、動力消費量のさらなる低減を実現している。 - オゾンの発生量が極めて少なく抑えられている。
短所	- 目開きの細かい布を通気させるので、運転当初から圧力損失が大きい。 - フィルタ上に粉じんが積層してくるとさらに通気抵抗が上昇し、莫大なファン動力が必要となる（表—4参照）。 - 大風量の機器を用いないと所定の風力が確保できず、エアカーテンが形成されない。 - 運転状態のところに湿気が入ると、フィルタ上の粉じんを払い落しできなくなり、圧力損失が跳ね上がる可能性がある。 - 集じんした粉じんを人力で掻き出すので作業員が汚染される（実際問題になっている例がある）。 - また、掻き出した粉じんは産業廃棄物として処理する必要がある。	- 荷電部・集じん部の放電電極が細いタングステン線であるので、火花放電や自然劣化により断線することが多い。 - 一旦断線して故障すると、それを交換するには専門的な知識が必要になることが多い。 - 微量の荷電粒子が放出され、トンネル内の壁面に付着して、いわゆる黒化現象をもたらすことがある。 - 場合によってはオゾンガスが発生する。	今までのトンネル工事用フィルタ式集じん機や電気集じん器を研究し尽くしているので、短所と呼べる点は少ない（所要動力の低減と、無断線・オゾンの発生抑制を達成している）。
ランニングコスト	フィルタ自体が大きな通気抵抗を持つ上に、捕集された粉じんが層状に溜まるので、通気抵抗が圧倒的に大きくなり、必要動力が莫大になる（別表—4参照）。	通気抵抗が少なく、主な所要電力は荷電と電界形成だけなので、消費電力が極めて少ない。	左の記述に加え、 集じん面積を増やし通気抵抗を削減すること、並びに高効率ファンの採用とインバーターモータの採用により、幅広い通風量において低消費電力を実現している（別表—4参照）。
総合判定	- 益々省エネ（電力消費抑制）が求められる国内情勢下、構造的に限界があるため、今後は不利になる。 - 結果として、地球環境に優しいとは言いがたい。	放電線の断線事故などによるトラブルが避けられず、さらなる改良が待たれている。	今までのフィルタ式集じん機の欠点であった莫大な動力消費量の解消と、今までの電気集じん器の断線故障が克服された、画期的なトンネル工事用電気集じん器である。

表—4 仕様比較表

	フィルタ式集じん機 (RE1500P)		今までの電気集じん器 (FY20TKE)		今回紹介の電気集じん器 (e' - DUSCO240)	
処理風量	定格	1,800m ³ /min	定格	2,000 m ³ /min	定格	2,400 m ³ /min
	実測	1,408m ³ /min	実測	2,198 m ³ /min	実測	2,601 m ³ /min
ファン静圧	定格	1,960 Pa	定格	540 Pa	定格	420 Pa
動力 (電動機及び付属機器)	仕様値	113.7 kW	仕様値	41.0 kW	仕様値	38.6 kW
	実測値	88.1 kW	実測値	40.2 kW	実測値	31.3 kW
集じん性能	集じん機前 (A)	7.30 mg/m ³	集じん機前 (A)	7.62 mg/m ³	集じん機前 (A)	7.44 mg/m ³
	集じん機後 (B)	1.82 mg/m ³	集じん機後 (B)	2.05 mg/m ³	集じん機後 (B)	0.84 mg/m ³
	逓減率 (1 - A/B)	75.1%	逓減率 (1 - A/B)	73.1%	逓減率 (1 - A/B)	88.7%
	機器定格	99%	機器定格	90%	機器定格	95%

一部データは参考文献8)より転載

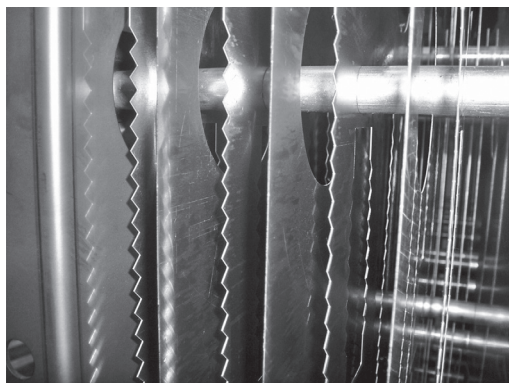


写真-2 ブレード式放電電極

(4) より詳しく電気集じん器を理解するために

筆者らは各種産業用電気集じん装置に長く関係してきたが、トンネル工事用電気集じん器においても基本原理は同じであることは述べた。

しかしながら、その使用に当たっては電気集じん器に共通する幾つかの簡単な知識が必要である。ここにおいてはこのことについて簡単に触れておく。

①安定的なコロナ放電が必要である

良好に電気集じんするためには、荷電部・集じん部では常に高電圧を維持する必要がある。

②電気抵抗値によっては集じんし難い

一般に、金属酸化物のように電気抵抗値が高いダストや、未燃カーボンのようにそれが極端に低いダストは電気集じんし難いと言われている。

しかしながら、トンネル工事の場合は電気抵抗が高い粉じんは存在しない（空気温度がほぼ常温である・適度な湿り気があるなどの理由から）。

同じく、トンネル内の空気中に高濃度カーボンの存在はありえない。建設機械の排気ガスによるカーボン濃度の程度では、道路トンネル用電気集じん装置が通過車の出す排ガス中のカーボン（PM：すす粒子）を安定的に集じんしているように、一般の粉じんと同等に捕集することができる。

③安定的にかつ簡単に使用できる

使い終わったら水で洗浄すること（ボタンスイッチを押すのみ）や、荷電状態を定期的にチェックする（1日1回）など、定められた使い方をしていれば安定した運転を継続することができる。

(5) 集じん装置の性能測定と表示などについて

産業界では、集じん性能などを表記する場合は全てJISに規定される方法で行っている。即ち、JIS B 9901 集じん装置の性能測定法に従い、ダスト濃度の測定はJIS Z 8808の規定により行っている。これらの方法であれば、空間的・時間的なダスト量の変化（バ

ラつき）も補正された形で表現される。

他方、トンネル工事用集じん装置に関する粉じん測定法¹⁰⁾は、「測定結果がすぐに得られること、操作が容易であることを考慮し、…」として、相対濃度指示方法による測定を推奨している（カギカッコ内は参考文献10)のP 259による）。

工事現場で測定することを考慮すれば、この方法を採用していることには大いに妥当性があると思われるが、指定されている相対濃度指示計（測定器）では、微細粒子の検出粒子限界等の問題を伴うと考えられるので、以下のような考慮を払う必要があると考える。

①粉じんの測定値は時間平均で示す

トンネル工事現場では、測定箇所や周辺環境により変動するので、現場での粉じん濃度の測定においては、例えば図-4に示すように、ある程度の時間経過の中での測定値の平均値で示すのが妥当である。

②光学的な相対濃度測定限界値以下の微細粒子の集じん効率も測定する

ある粒径（ 7.07μ ）以下の粒子は、体内に一旦吸引されると肺胞に止まり、じん肺を引き起こすとされているが、デジタル粉じん濃度計では微細粒子の集じん効率が適切に示せない可能性がある。必要に応じ、JIS法に基づく粉じん濃度測定と粒径分布測定を併用すべきである。

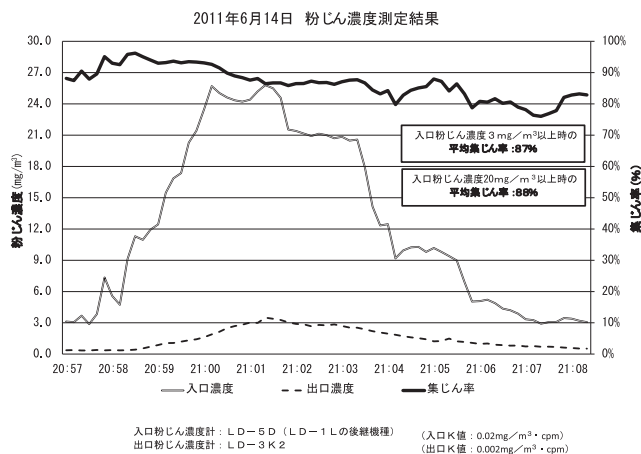


図-4 粉じん濃度連続測定結果

4. その他の工事分野における電気集じんの可能性

本稿の冒頭でも述べたが、最近は周辺環境浄化に対する要求が益々多くなってきており、今までは容認されていたような道路工事や小規模な解体現場でも粉じん飛散が厳しく規制され始めている。

そのような場所では、小型トラックに搭載すること

が可能な小型の移動式電気集じん器が求められるであろう。そのような場合は、今回開発されたトンネル工事用電気集じん器のワンユニットを転用することで可能になると考える。

そうなれば、雨天下などの高湿度環境下での工事において、濡れたダストを同伴吸引してしまうような場合でも、絶対に目詰まりすることはないという、本来の電気集じん器の持つ特長を最大限に活用することが可能である。

さらに加えて、そのメンテナンスフリー性の特長から、作業員が容易には近付けない過酷な閉鎖空間を有する現場（例えば先般の原発事故棟内など）でも、一旦搬入して設置すれば長時間にわたり遠隔運転が可能であるという特性を活用することができる。

しかも、微粒子が残存する大量のろ布を廃棄する必要は無い。そうなれば、電気集じん器の有する本来のメリットがより幅広く発揮されることになる。

5. おわりに

以上述べてきたように、高性能かつ安定性が強く求められる産業界において、古くから広く採用されてきた集じん方式はフィルタ式と電気式に二分されている。

さらにどちらの方式の集じん装置も、トンネル工事現場で使用されることにおいては、その長所と共に、一方は運転コストが多くかかるとされ、他方は故障が多いという短所が指摘されている。

そのような中であって、長年取り組んできた産業用電気集じん装置の技術を盛り込むことで開発された、新しい方式のトンネル工事用電気集じん器の概要説明をさせていただいた。

一方、もう一つの有効なトンネル工事現場の空気浄化手段であるフィルタ式集じん機も、そのろ布材質や運転方法に改良が加えられ、益々高度に進化して行く

ものと思われる。

そのような中であって、今後も施工が継続すると予想されるトンネル工事では、知見にとらわれない技術判断基準に立脚し、現場の状況に最も適した機種を採用すべきであると考えます。

そのような観点から、本稿をその判断材料の一つにして頂けたら幸甚至極である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 林 太郎：換気・集じんシステム，朝倉書店，昭和 48 年
- 2) 井伊谷鋼一ほか：集塵装置の性能，産業技術センター，昭和 51 年
- 3) H. J. White：Industrial Electrostatic Precipitation, Addison-Wesley Pub., 1963 年
- 4) 橋本清隆・谷口 堯：電気集塵装置の理論と実際，電気書院，昭和 45 年
- 5) 松本俊次：電気集じん装置，日刊工業新聞社，昭和 50 年
- 6) S. Oglesby, Jr. G. B. Nichols：ELECTRSTATIC PRECIPITATION, MARCEL DEKKER, INC., 1978 年
- 7) JAROSLAV BOEHM：ELECTRSTATIC PRECIPITATIONS, ELSEVIER SCIENTIFIC PUB. CO., 1982 年
- 8) 新谷義行・藤内 隆：トンネル工事における集じん機の比較検討＜一般国道 229 号 岩内トンネル＞，トンネルと地下，Vol. 33 No. 9, 2002 年 9 月
- 9) 「山岳トンネルにおける工事用機械の選定」連載講座小委員会：連載講座 山岳トンネルにおける工事機械の選定 (22)，トンネルと地下，Vol. 36 No. 8, 2005 年 8 月
- 10) 建設業労働災害防止協会：改定 ずい道等建設工事における換気技術指針，建設業労働災害防止協会，平成 17 年 6 月

【筆者紹介】



平 孝次（たいら こうじ）
古河産機システムズ(株)
小山工場
主任技師



小峰 新平（こみね しんぺい）
古河産機システムズ(株)
小山工場
主席技師長

ICT を活用し トンネル工事現場における省エネを一元管理

新東名 鳳来トンネルにおけるスマートサイトシステム

横 山 勝 彦・鈴 木 正 憲・藤 井 攻

省エネ・節電・CO₂削減が重要な昨今，建設現場においてもそれらへの積極的な取り組みが要求されている。スマートサイトシステム（以下，本技術とする）は，建設現場の各種設備の電力使用状況，省エネ・創エネ状況をリアルタイムに監視（見える化）するとともに，省エネ・CO₂削減を目的とする複数の技術を導入し，ICTにより現場事務所でこれらの情報を一元管理するシステムである。ここでは，新東名鳳来トンネルにおける本技術の適用状況を示し，坑内LED照明や坑内換気設備の合理的な制御事例等を紹介する。

キーワード：省エネ，ICT，見える化，坑内LED照明，換気制御

1. はじめに

平成23年3月11日に発生した東日本大震災以降，国内の電力不足が懸念され，一時期，政府は大口需要家を対象に電力使用制限令を発動するなど，節電・省エネ対応が重要になっている。さらに長期的なエネルギー政策としては，地球温暖化対策の面からもCO₂削減が重要であることから，太陽光発電や風力発電などの自然エネルギー活用の方向性が示されつつある。

一方，大型の機械・設備や多くの電気設備が使用される建設事業においても省エネ・節電・CO₂削減は重要な取り組みである。そのため，従来の建設現場では，重機やダンプ等のエコ運転やアイドリングストップなどの省エネ活動，電動式機械の導入，消灯ルールの徹底などの活動が行われている。しかしながら，建設現場においては大量の電力を消費するものの，消費電力量は月毎での総量管理しか行われていないのが現状であった。

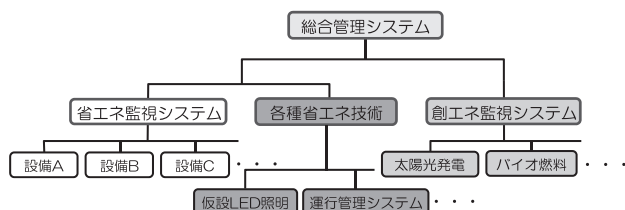
また，前述した省エネ対策における日常の取り組み活動においても，定性的な取り組みが多く，定量的に効果を把握することは困難であった。

こういった背景から，ICTを活用して，現場の各設備の電力使用状況および省エネをリアルタイムで監視（見える化）するとともに，各種の省エネ・創エネ技術を総合的に一元管理し，定量的な省エネ・節電・CO₂削減の管理を実現する「本技術」が開発された。

本報文では，本技術の概要および適用事例について述べる。

2. 本技術の概要

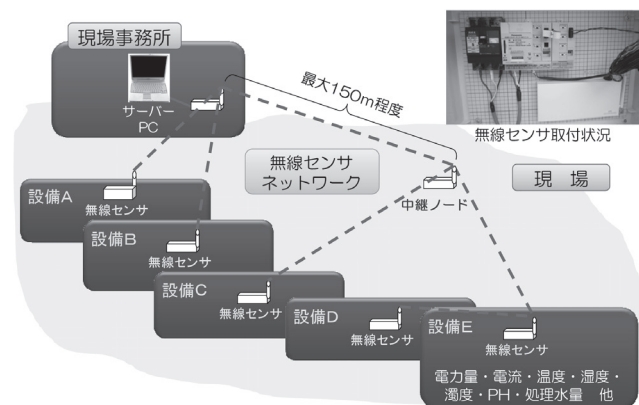
本技術は，図—1に示すような複数のシステム・技術から構成され，各現場の状況に応じて任意に各システムを組み合わせることで適用される。



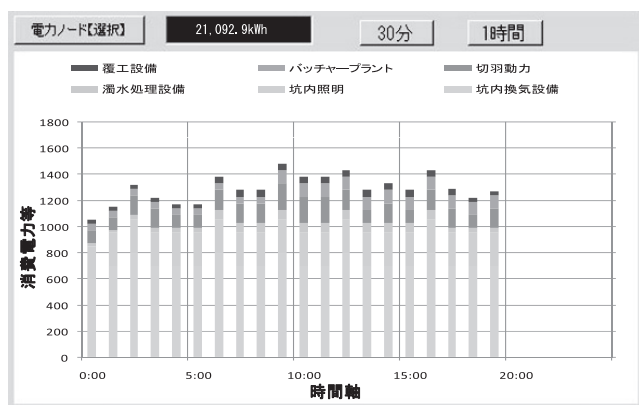
図—1 本技術の構成

(1) 省エネ監視システム

省エネ監視システムは現場内各設備の電力情報や環境情報を「見える化」する技術であり，無線によるネットワークを用いて現場内に分散する情報を収集し，現場事務所で一元管理するシステムである。電力情報を監視する場合，監視対象とする現場内の電力使用設備を選定してセンサを設置する。そこから得られた情報は無線センサにより送信され最終的に現場事務所のサーバPCに収集される（図—2）。図—3に省エネ監視画面イメージを示す。



図一2 無線センサネットワーク概念図



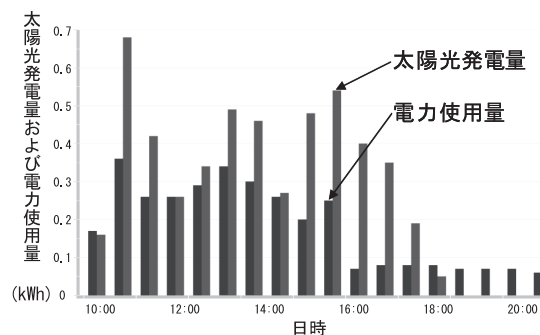
図一3 省エネ監視画面イメージ

(2) 各種省エネ技術

各種省エネ技術は、個別にCO₂を削減し省エネ・節電を実現する様々な技術であり、現場毎に任意に選択される（図一4）。

(3) 創エネ監視システム

創エネ監視システムは、現場において創りだされたエネルギーを「見える化」するシステムである。図一5に太陽光発電による創エネ監視状況を示す。



創エネ監視状況

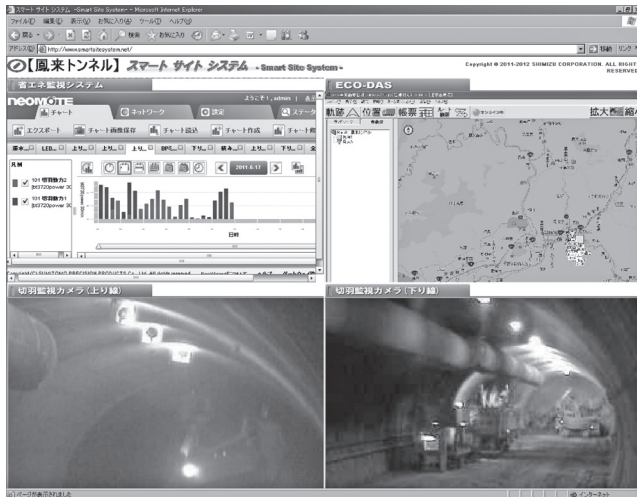
図一5 太陽光発電による創エネ監視状況



図一4 各種省エネ技術

(4) 総合管理システム

総合管理システムは、本事務所において現場全体の省エネや創エネ、CO₂削減状況を一元管理するシステムである。本事務所にいながら、現場の状況が即座に視認できるとともに、省エネ・創エネ監視システムや各種省エネ技術から送られて来たデータを組み合わせることで現場の様々な状況の見える化が図られ、戦略的な省エネ・CO₂削減対策を行うことが可能となる。(写真—1)。



写真—1 総合管理システム監視画面

3. 鳳来トンネルにおける本技術の適用

新東名高速道路鳳来トンネル工事での本技術の適用状況について説明する。

中日本高速道路株式会社が発注した新東名高速道路鳳来トンネル工事は、愛知県新城市乗本～下吉田間に上下線各2.5 kmのトンネルをNATM工法で建設するものである。本工事の概要を表—1に、導入した本技術の適用状況を図—6に示す。

以下に鳳来トンネルにおける本技術適用効果の一部を紹介する。

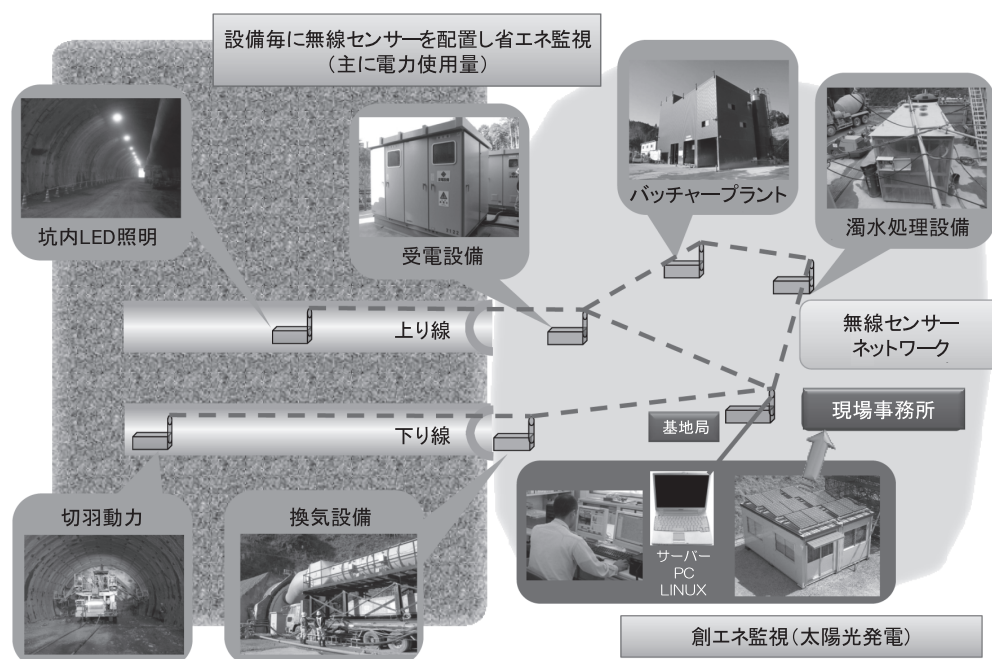
表—1 鳳来トンネルの工事概要

工事名称	第二東名高速道路 鳳来トンネル工事
工事場所	愛知県新城市乗本～下吉田
発注者	中日本高速道路株式会社
主用途	道路トンネル
トンネル施工法	NATM工法
トンネル延長	2,513m(上り線)2,464 m(下り線)
内空断面積	78.4～84.0 m ²
掘削土量	50万m ³
工期	平成20年10月9日～平成24年6月8日

(1) 省エネ監視システムによる換気装置運転管理

鳳来トンネルの現場では省エネ監視システムにより、トンネル坑内の換気装置が坑内環境の状態に関係なく定格の100%運転を行っており、改善の余地があることが見出された。そのため、発破作業やズリ出し、吹き付け作業などで坑内の粉塵量が多いときにはこれまで同様の100%運転、それ以外の削孔・装薬作業時で坑内の空気が清浄な場合は換気運転を70%に制御することとした(図—7)。その結果、換気設備の消費電力は15%に低減できた。

現在では、さらに改善を進め、粉じん量に応じた換気運転の自動制御も行っている。



図—6 鳳来トンネルにおける本技術適用状況

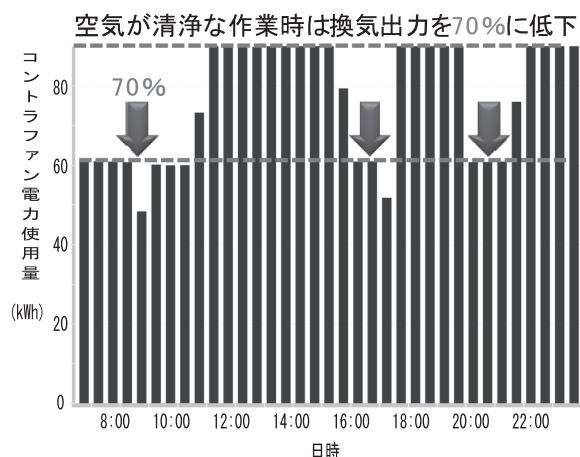


図-7 坑内換気設備の運転管理状況

(2) 坑内照明のLED化

山岳トンネル工事における坑内照明は、これまで水銀灯が用いられてきた。鳳来トンネルでは、省エネ技術の一つである「仮設照明のLED化」をこの坑内照明に適用した(写真-2)。

通常のLED照明は指向性が強く光が広がらないため、坑内において安全上必要な照度が確保できないことや照明の色が坑内の使用に適さない、などの問題点があった。これに対し、個々のLED電球の向きや色温度を工夫することで、従来の水銀灯と同等の照度を確保した。LED照明を採用した結果、水銀灯を使う場合で想定される250kWの最大消費電力は、LED照明化によって35kWになり、約85%の低減となった。



写真-2 坑内LED照明

4. おわりに

本技術の導入によってリアルタイムに電力消費量や環境、現場の状況が把握できるようになり、エネルギーの使用状況の「見える化」が実現した。また、具体的な改善効果が数字に示され、省エネ・CO₂削減量が「見える化」されることで作業員への意識付けが明確になり、作業所全体の省エネ・節電に対するモチベーションアップにつながってきている。

鳳来トンネルの現場では、紹介した換気装置の運転管理、坑内LED照明化の他、太陽光発電による創エネ活用などの効果も加え、本技術を適用しない場合に比べ、現場全体で約27%の節電効果が示された。このように本技術の導入により、省エネ・節電効果を上げるとともに、合理的に良好なトンネル坑内環境の維持も図ることができた。

本技術は、施工中のCO₂削減の定量的な管理手法としてダム工事に初適用し、現在はトンネル工事や道路造成工事等への展開を行っている。今後は、それ以外の工種へも広く適用を検討し、建設現場でのCO₂削減・省エネ・節電に、より一層活用していく方針である。

J C M A

【筆者紹介】

横山 勝彦 (よこやま かつひこ)
清水建設㈱
土木技術本部 技術開発部
主査



鈴木 正憲 (すずき まさのり)
清水建設㈱
土木技術本部 機械技術部
工事長



藤井 攻 (ふじい おさむ)
清水建設㈱
土木技術本部 機械技術部



4車線化工事に伴う供用中路線のトンネル坑口改築

田中直樹・山下裕司・西森嘉昭

阪和自動車道（海南IC～有田IC）4車線化工事は、完成2車線で整備された高速道路を4車線にする工事である。4車線化工事における既設道路の改築において、従来、対面通行で利用されていた既設道路を片側2車線とし、本線の制限速度を60キロから80キロに向上させることに伴い、下津ICの合流車線を延長する必要があった。同ICは前後がトンネル間に挟まれた狭隘な箇所になり、既設道路の1車線通行を最低限確保するため、車線への防護工を行った上で、トンネル覆工を撤去して新たな坑門を構築する工事を行った。

本稿は、供用中の道路における防護工の計画・設置、覆工コンクリート切断・撤去等の施工方法について述べるものである。

キーワード：トンネル，高速道路，覆工撤去，活線施工，安全対策

1. はじめに

阪和自動車道（海南IC～有田IC）は、昭和59年3月に完成2車線として開通した。当該区間の交通量は年々著しく増加しており、渋滞が顕著に発生していることから、早期から4車線化が望まれていた区間である。

当該区間の4車線化工事は、将来の4車線化が考慮されていない完成2車線で整備された高速道路を4車

線に改築する工事であり、従来、対面通行で利用されていた既設道路（Ⅰ期線）の東側に並行して白浜方面の2車線道路（Ⅱ期線）を建設、平成22年7月に供用を開始した。その後、Ⅰ期線の2車線化工事を行い、平成23年5月21日に4車線化工事が完成した。



図-1 全体位置図

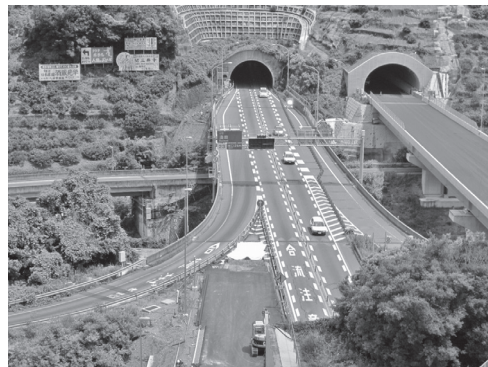


写真-1 着手前（対面通行）



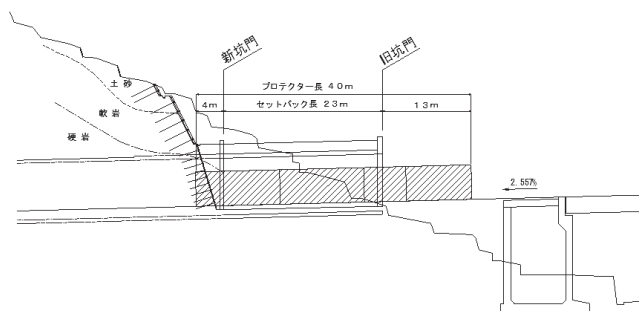
写真-2 4線化開通後

I期線の2車線化工事において、従来、対面通行で利用されていたI期線本線の制限速度を60 km/hから80 km/hに引き上げることに伴い、下津ICの合流車線を延長する必要があった。同ICはトンネルとトンネルの間に挟まれた狭隘な箇所になり、I期線の1車線通行を確保するため、車線への防護工を行った上で、トンネル覆工を撤去して新たな坑門を構築する工事を行った。

本稿は、供用中の道路における防護工の計画・設置、土砂掘削、及び覆工コンクリート切断撤去等の施工方法について述べるものである。

2. 施工上の課題

活線施工を行うための防護工として、鋼製門型プロテクター（以下「プロテクター」という）を40 mにわたって設置することとしたが、夜間通行止めの期間及び作業時間が限られており、他工事との関係により計4夜間でプロテクターを設置する必要があった。



図ー2 トンネル坑口部縦断面

3. プロテクター計画と施工

(1) プロテクター計画の概要

プロテクターの構造については、夜間通行止め期間における時間的制約から施工性を重視し、山留め材による門型枠を50 cmピッチに配列し、その間は鉄板をボルトで固定する構造とした。また、運搬については、台車の水平保持が容易で微移動の可能な多軸式特殊台車を使用することとし、1ブロックを最大12 mとして、1日1ブロックを運搬し4日間で据え付ける計画とした。

(2) プロテクター設計に考慮する荷重

プロテクターは高速道路を通行する一般車の視線誘導と目隠しの役割を果たすとともに、不測の事態に備えて、以下に述べる荷重に対して安全を満たす設計とした。

①内側からの高速通行車両の衝突荷重

②掘削中の重機・土砂・覆工の全鉛直荷重

③覆工コンクリートブロックの落下衝撃荷重

④覆工コンクリート撤去途中の切断ブロックがもたれかかる水平偏荷重

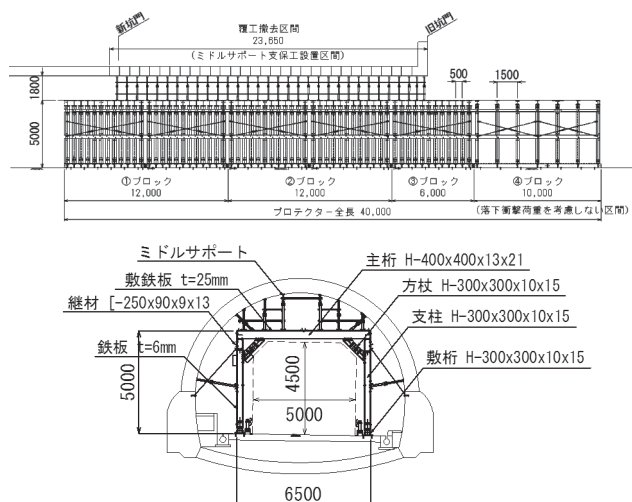
⑤新坑門構築時の型枠支保工としてのコンクリート打設荷重

⑥作業構台としての資機材および移動式ミニクレーンの作業荷重

(3) コンクリート落下衝撃荷重

設計荷重の中でも特に考慮すべきである落下衝撃荷重については、切断コンクリート片75 kN（幅75 cm、高さ80 cm、長さ5.0 m）が2.0 mの高さから落下したとして、Hertzの衝突理論を適用して導いた式を用いて算定した。

落下衝撃荷重Pmaxは2,232 kNとなり、これが天端に敷き詰めた鉄板（幅6.0 m×幅1.5 m×厚み25 mm）を介して門型枠に分散されるとして1枠あたりの荷重を算定し、平面骨組解析により断面力を算出し各部材の応力照査を行った。



図ー3 プロテクター構造図

(4) 試験施工

運搬据付けに対しては、懸念事項を洗い出し、作業遅延のリスクを排除するために、計画サイクル通りに施工できるかどうか実機試験を行った。

試験では、据付や接続作業の施工性を確認するとともに、各作業時間を把握するために、地組ヤード内で実物を使って確認した。

また、夜間通行止め初日を利用して、地組ヤードからランプ部へ実際に移動することで、架台の安全性や高さ調整、多軸式特殊台車の有効ストローク長や勾配や不陸への対応についても確認した。

(5) 1 夜間の施工サイクルの実績

夜間通行止め開始から終了までの1夜間の施工サイクルの実績は図—4に示すとおりであり、予定どおり計4夜間の通行止めでプロテクターの運搬据付けを完了することができた。

時間	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6
内容												
管理者確認		▼通行止開始									▼作業終了	▼開放
交通規制材移設		■	■	■	■							
プロテクター運搬												
プロテクター据付												
接続、脚部アンカー												
照明ダクト取付												
交通規制材復旧												
後片付け												

図—4 一夜間の施工サイクル



写真—3 多軸台車運搬・据付け状況

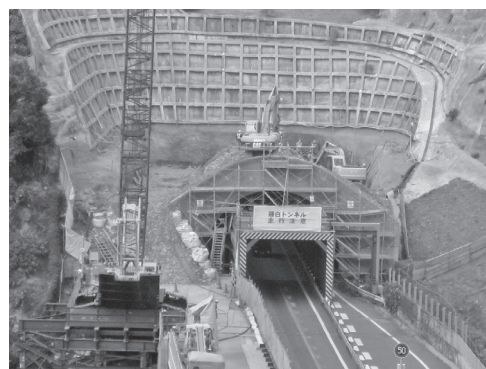
4. 掘削施工

万が一、掘削中に覆工コンクリートが崩壊し、土砂とともに重機がプロテクター上に落下するという最悪のケースを想定し、プロテクターが損傷することのないよう、ミドルサポート支柱（許容荷重 70 kN/本）を全面的に配置して仮受けを行った。

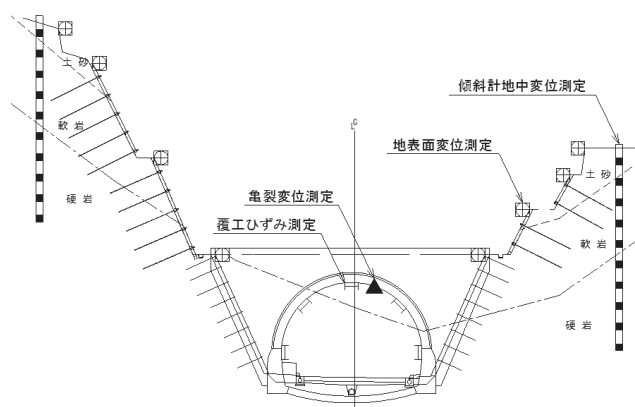
また、掘削方法については高さ約 3 m を掘削してモルタル吹付、ロックボルト打設を繰り返す逆巻き施工とし、図—5 に示す計測工を併用して慎重に掘削を進めた。



写真—4 ミドルサポート設置状況



写真—5 掘削状況

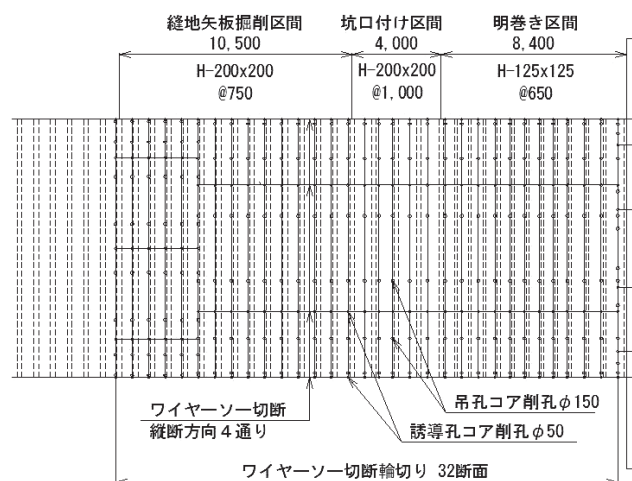


図—5 計測工断面図

5. 覆工コンクリート切断撤去

(1) 既設トンネルの構造

藤白トンネル南坑口部は側壁先進導坑＋上半縫地矢板工法で施工されており、坑口から約 8 m は明巻き区間、4 m は坑口付け区間、残り 10 m は掘削区間で、鋼製支保工のスペック及びピッチは図—6 に示すとおりで、撤去するコンクリートの厚みは合計で 725 mm ～ 800 mm 程度であった。

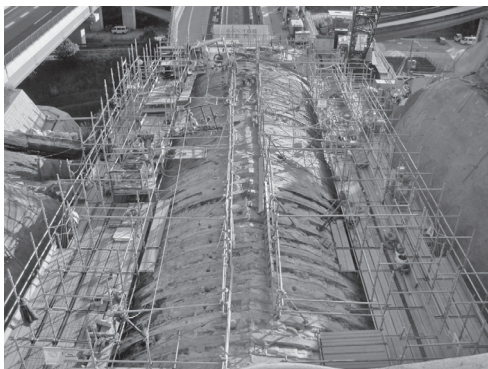


図—6 既設トンネルの鋼製支保工図

(2) 切断撤去手順

切断撤去工は以下の手順で行った。

①準備工（足場、水養生、泥水処理設備）（写真—6）



写真—6 足場設置状況

②φ 150 mm 吊り孔コア削孔（6本／断面）

③φ 50 mm 誘導孔コア削孔（4本／断面）

④鋼製支保工ピッチに合わせて32断面に、ワイヤーソーにて輪切り（図—7、写真—7）

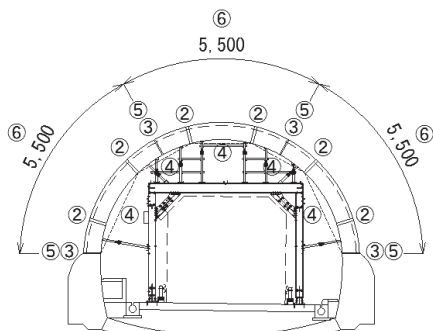
⑤左右60度・両脚部の4ラインを縦断方向に切断

⑥100tクローラクレーンにて吊り出し

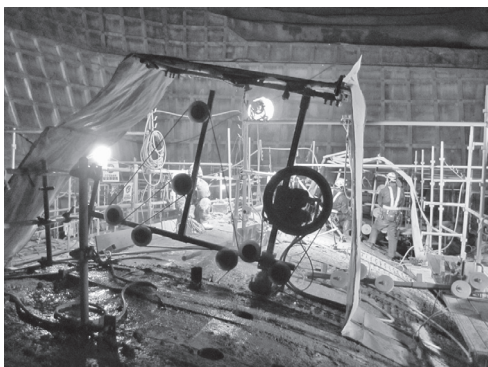
⑦10tダンプで現場搬出、産業廃棄物処理場へ

⑧⑤～⑦を繰り返し（写真—8～10）

ワイヤーソーによる輪切り作業は、アーチ内側のワイヤーが直線的にはらみ出すため、プロテクターに接触しないように、分割数を細かくし、5分割で切断した（図—8）。



図—7 覆工切断概要図



写真—7 輪切り状況



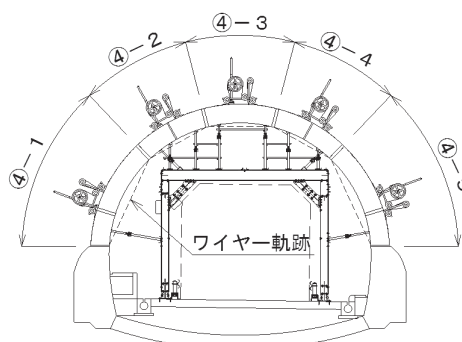
写真—8 縦切り状況



写真—9 吊り出し状況



写真—10 積み込み搬出状況



図—8 輪切り切断分割図

クローラクレーンによる切断ブロックの吊り出しは、プロテクターへの落下衝撃荷重で設定した通り、2m以上吊り上げないよう、水平レーザーと監視員により施工管理を徹底した。

(3) 泥水処理

工程的な制約から、ワイヤーソー4～5台で昼夜連続作業となったため、1日約40t以上の切断水を使用するために大量の泥水が発生した。この泥水が漏水し、供用路線内に落下しないように、プロテクターの目地は全てシール処理し、シート、水槽、樋で何重にも養生を施し、側部に設けたピットに集水して回収するように努めた。

また、回収した泥水はポンプ圧送し、フィルタープレスを通して脱水ケーキと分離し、清浄化された水をまた切断水として循環利用した。



写真11 泥水処理設備

6. おわりに

本工事は、供用中の高速道路上において、1車線通行を確保しながら、既設トンネルの覆工を撤去し、新たに坑門を構築するという全国でも例を見ない活線施工の工事であった。

既設トンネルは約30年前にしゅん功していることから、実際に掘り出してみないとわからない部分も

多々あり、不測の事態に柔軟に対応できる計画としておくとともに、事前の試験施工により工程遅延のリスク低減を図ることが重要なポイントであった。また、常にお客さまの視線にさらされている現場であることから、視線誘導や目隠しなど、通行されるお客さまへの配慮と徹底した安全管理の結果、全期間にわたって無事故・無災害で完工し、平成23年5月21日の4車線化完成を迎えることができた。

最後に、ご指導いただいた関係機関の皆様に厚くお礼申し上げますとともに、本稿が、供用中路線における活線施工の一助になれば幸いである。

J C M A

【筆者紹介】

田中 直樹（たなか なおき）
㈱竹中土木
阪和自動車道藤白トンネル覆工撤去工事
現場代理人



山下 裕司（やました ゆうじ）
㈱竹中土木
阪和自動車道藤白トンネル覆工撤去工事
工事担当課長



西森 嘉昭（にしもり よしあき）
㈱竹中土木
阪和自動車道藤白トンネル覆工撤去工事
工事担当



FRP セントルの開発

瀬 崎 満 弘・源 石 佳 弘

本報告では覆工コンクリートの耐久性の向上に資するため、養生方法の改善を目的として、FRPを覆工コンクリートのセントルとして使用するための開発の経緯を述べるとともに、実際にFRP セントルを使用して打設した覆工コンクリートで測定されたコンクリートの内部温度結果を述べる。FRP セントルを使用して打設された覆工コンクリートの温度は、鋼製セントルを使用して打設されたコンクリートより、覆工コンクリートの平均温度が3～4℃高くなることが現場実験で確認され、FRP セントルの有用性が認められた。

キーワード：トンネル、覆工コンクリート、セントル、FRP、コンクリート温度

1. はじめに

コンクリート構造物の耐久性は、従来メンテナンスフリーで容易に確保できるものと考えられてきた。すべてのコンクリート構造物は、想定される耐用年数の期間中、その要求される強度と使用性を果たし続けることが当然のことながら求められている。そのためには、コンクリートは、暴露されることが予想される環境の下で、劣化の過程に耐えることができなければならない。しかし、種々の原因による早期劣化が顕在化して、大きな社会問題となってきた。

道路あるいは鉄道におけるトンネルの覆工コンクリートは、吹付けコンクリート、ロックボルト、鋼製支保工等の支保部材によって、地山が適切に補強されることによりトンネルの安定性が十分に保たれる場合は、力学的な負荷は期待しておらず、地下水等の漏水の少ない、水密性のよい構造物とし、安全で長期的な使用に耐えるものとすればよいとしている。一方、地山の変形が収束しない状態で覆工コンクリートを施工する場合、覆工コンクリートを施工後、水圧あるいは上載荷重等によって外力が作用する場合、あるいは支保部材が劣化した場合は、構造物としての安全率を増加させることが期待されている。しかしながら、歴史的には構造物としての品質確保については、一般的なコンクリート部材ほどの重要性を考慮されてはいなかった。

一方、覆工コンクリートの剥離・剥落の発生等を受け、剥離・剥落に対する安全性の向上が要求されるよ

うになってきている。そのためには、覆工コンクリートの耐久性を向上させる必要がある。加えて、近年の公共投資のコスト縮減を受け、社会資本の合理的な整備の観点からトンネルを含むコンクリート構造物のライフサイクルコストの低減、長寿命化が強く求められるようになり、構造物の重要な構成部材であるコンクリートの高品質化、高耐久性化が必要となってきた。そのために様々な面からのアプローチがなされており、覆工コンクリートに繊維補強コンクリートや膨張コンクリートを使用すること、あるいは施工面においては養生方法の改善や締固めの工夫といった取り組みがなされてきている。

覆工コンクリートの耐久性を考える場合は、必然的に覆工コンクリートに発生するひび割れへの対応を検討する必要がある。ひび割れの発生には種々の要因があるが、安全性の確保や長期の耐久性を向上させようとする場合には、覆工コンクリートの打設後の温度・乾燥収縮に伴って発生するひび割れに対する対策が必要となる。

以上の背景のもと、本報告では覆工コンクリートの耐久性の向上に資するため、養生方法の改善を目的として、FRP（強化プラスチック・Fiber reinforced plastics）を覆工コンクリートのセントルとして使用するための開発の経緯を述べるとともに、実際にFRP セントルを使用して打設した覆工コンクリートで測定されたコンクリートの内部温度結果を述べ、FRP セントルの有用性について論述する。

2. FRP セントルの開発経緯

1970年代より NATM 工法が導入されてから、セントルに使われる材料として鋼製の材料を使用することが業界では常識であった。

このような中、平成 11 年頃 FRP 製品をコンクリート打設用セントルの外枠に使用できないかとの話があり、検討をはじめた。FRP は、軽量で高強度の特徴があり、プレジャーボートや漁船のボディにも使われている材料である。FRP の特徴として、加えて耐候性、耐熱性、耐薬品性に優れており、また、断熱性があるという性質をもっている。

FRP の制作法は複数あるが、船体等の制作にはハンドレイアップ法が使われている。

当時トンネルの現場では、強度面、耐久性面を満たすことはもちろんのことであったが、鋼製のものと同等の価格設定が求められたため、様々な角度から検討した結果、引き抜き成形法での制作方法が選ばれた。FRP を大型のパネルにするために、工場内のレイアウト及び設備を全面的に見直す必要があったが、FRP 製造メーカーである日本ポリエステルの協力を得て、新設備を導入することができ、W900×L5,250 の大型 FRP パネルの制作が可能となった。

このような経過の後、平成 12 年に 3 箇所のトンネル現場にて試験的に導入してみたが、いずれもセントルの強度不足が原因の一つであったが、出来上がった覆工コンクリートの美観が悪く現場のニーズを満足できるものではなかった。また、打設されるコンクリートの流れによる耐摩耗性にも問題があることが判った。

このような複数の問題が同時に発生したため、FRP をセントルに使用することを断念せざるを得ない状況になった。しかしながらこのとき、FRP という新素材の可能性を信じ、現場が満足する製品にしたいという一心から、設計を一から見直すことにした。

まず、FRP のガラス繊維量を検討し直し、表面摩耗耐久剤の選定を考え直した。加えてセントルの構造設計、製造監理工程を徹底して見直すことにした。

まず、強度面においてはセントル側の基本構造を FRP に合わせ合体させ、また強度を従来品以上にレ

ベルアップする為に、取り付け金具の製品を開発した。

耐摩耗性については、樹脂組成内容の変更を何度か行って現在の組成内容となっている。

このあと、現場のニーズを満たすべく、現地でのきめ細かな手直しを繰り返していくうち、FRP セントルが完成したのである。写真—1 は、最新に納入したセントルの全体写真である。



写真—1 セントル全体写真

3. 実験の概要

(1) 覆工コンクリートの配合

実験を実施したトンネルは、延長 2,417 m の高速道路のトンネルであり、先行して施工を行った 1,347 m の工区を対象とした。非常駐車帯の拡幅部を除く区間で、FRP セントルを使用して、覆工コンクリートが打設された。1 スパンの打設延長は 10.5 m であった。非常駐車帯の拡幅部では、鋼製セントルを用いて覆工コンクリートを打設した。1 スパンの打設延長は 6.2 m で、5 スパン分 31.0 m で 1 つの非常駐車帯となっている。

覆工コンクリートの仕様、配合および使用材料を表—1 に示す。単位セメント量は 297 kg、水セメント比は 0.53 である。

(2) 覆工コンクリートの温度測定の方法

FRP セントルに打設された覆工コンクリート中の温度測定は、連続した 3 スパンで実施された。覆工コンクリートは、1 日おきに打設されており、測定され

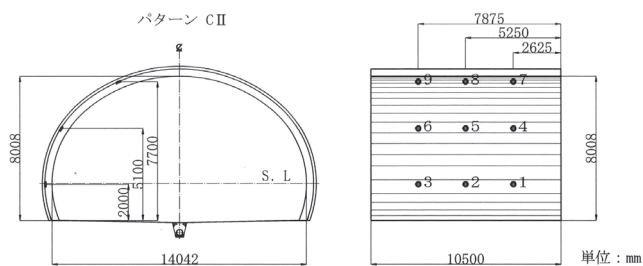
表—1 覆工コンクリートの仕様、配合および使用材料

仕様	呼び強度 24, 最大粗骨材粒径 20 mm, スランプ 18 cm, 空気量 4.5%,						
	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
			W	C	S	G	Ad
配合	0.53	0.493	157	297	634	959	2.08

C：普通ポルトランドセメント Ad：高性能 AE 減水剤標準形 1 種

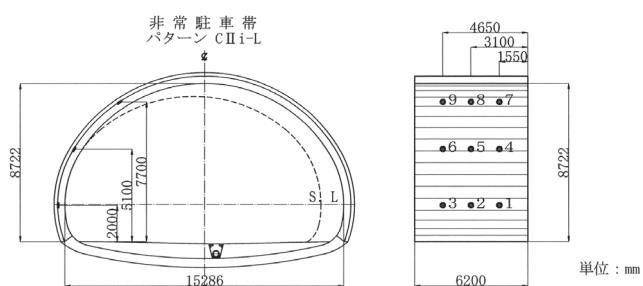
S：大分県津久見市上青江，宮崎県延岡市大武町，G：大分県津久見市上青江

た第1スパンは2010年2月8日に、第2スパンは2月10日、最後のスパンは2月12日に打設され、各スパンにおいてコンクリート打設後ほぼ24時間以内で脱枠されている。図一1に、温度計を設置した位置の断面図と展開図を示しているが、1スパンにつき9点の測点を設け、熱電対式の温度計を用い30分間隔で約1ヶ月間、自動計測を行った。



図一1 温度計を設置した位置 (FRP センترل 左:断面図/右:展開図)

一方、非常駐車帯の拡幅部の覆工コンクリートは鋼製センترلを使って打設された。最初の拡幅部において、覆工コンクリートの温度を測定した。測定は1スパンだけで実施し、5スパン分の4つ目のスパンで実施した。覆工コンクリートの打設日は、2010年4月24日である。ここでも24時間後に脱型している。測定位置の断面図を図一2に示すが、FRPセンترلを用いて打設した一般部と同じ高さに温度計を設置したが、展開図に示すように1スパンが6.2mとなっている。

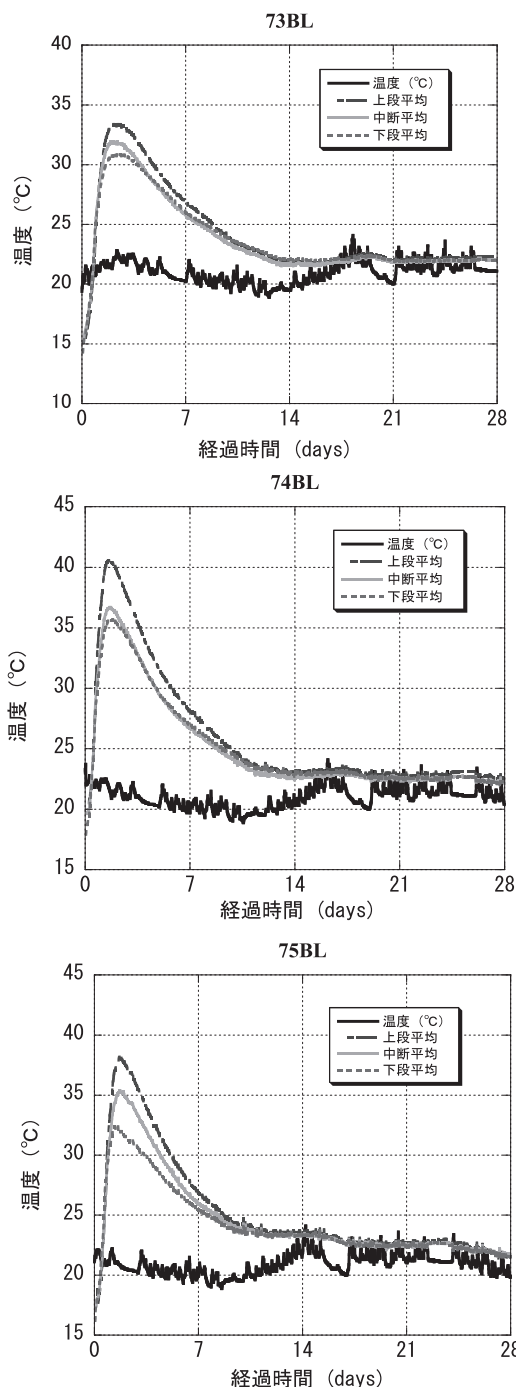


図一2 温度計を設置した位置 (鋼製センترل 左:断面図/右:展開図)

4. 実験結果

(1) 覆工コンクリートの温度

覆工コンクリートの打設は全て朝8時ごろにスタートし、下段の位置に設置された温度計には10時ごろに達し、中段の位置にある温度計には12時ごろ、上段の温度計には14時ごろに到達し、最終的に16時ごろに全ての打設が完了した。図一3に、下段の温度計にコンクリートが達した時刻を0とした場合の、観測された各点での覆工コンクリートの温度変化を経過



図一3 覆工コンクリート内の温度変化 (FRP センترل)

時間との関係で示している。覆工コンクリートの温度変化は、各段に設置した3測点の平均値を示している。

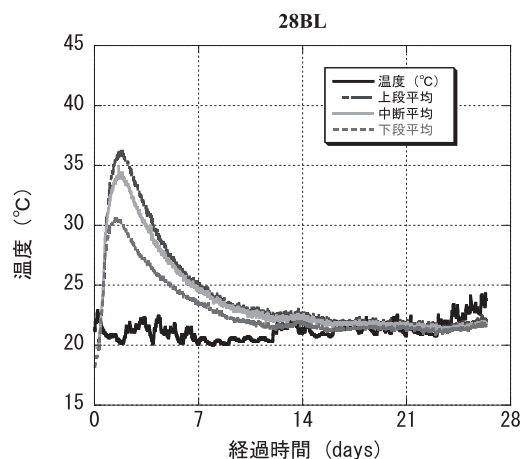
打設後の覆工コンクリートの温度は、約36時間から48時間経過後に最高温度に達する。最高温度に達する時刻も、温度計が設置された位置にコンクリートが達した時刻と同様に、まず、下段の位置にある覆工コンクリートが最高温度に達し、その後、約2時間遅れで中段にあるコンクリートが最高温度に達し、その後ほぼ2時間遅れで、上段の位置にある覆工コンクリートが最高温度に達する。最高温度に達した後は、徐々に温度が低下していき、最終的には約18日から

21 日経過後に坑内温度と同じになる。その後は覆工コンクリートの温度は急激には変化しないので、ほぼ坑内温度の平均値と同じ値を示すことになる。

各段の位置にコンクリートが最初に到達したときの温度を初期温度とし、その後各点で計測されたコンクリートの温度が最高値に達した温度を最高温度、その差を温度上昇値として、各段にある 3 測点の平均値を求めたものを表—2 に示している。2 月 8 日に打設された 73BL スパンでは、初期温度の平均値が 14.8℃で、その後 17.2℃上昇して最高温度が 32.0℃に達している。2 月 10 日に打設された 74BL スパンでは、初期温度の平均値が 73BL スパンに比較して 4.6℃高い 19.4℃で、その後 18.4℃上昇して最高温度が 37.8℃に達している。2 月 12 日に打設された 75BL スパンでは、初期温度の平均値が 17.3℃で、その後 18.0℃上昇して最高温度が 35.3℃に達している。これら 3 スパンで計測された覆工コンクリートの温度の平均値が表—2 の最下段に示されている。下段のコンクリートの初期値は、コンクリートが打設された時刻が午前 10 時ごろの早い時間帯であることに加えて、中段および上段の位置に打設される時刻が昼すぎにあり、周りに相当量のコンクリートが打設されていることにより、中段および上段のコンクリートの初期値よりも 1℃ほど低くなる。そのことが各段のコンクリートの最高温度にも影響して、上段の位置での覆工コンクリートの最高温度は、下段のコンクリートの最高温度より 3℃ほど高くなり、中段では下段のコンクリートの最高温度より約 0.5℃高くなっている。

一方、非常駐車帯の拡幅部において、鋼製セントルを用いて打設された覆工コンクリート内で計測された温度変化を図—4 に示す。一般部と同様に、覆工コンクリートの打設は朝 8 時ごろにスタートし、下段の

位置に設置された温度計には 10 時ごろに達し、中段の位置にある温度計には 12 時ごろ、上段の温度計には 14 時ごろに到達し、最終的に 16 時ごろに打設が完了している。下段の位置に設置された温度計にコンクリートが到達した時刻を 0 とし、左側に 3 日までの経時変化を右側に 28 日までの経時変化を示している。なお、コンクリートの打設は 4 月 24 日に実施されている。FRP セントルで打設された一般部と同様に、打設後約 36 時間経過した後に覆工コンクリート内の温度が最高値に達し、その後ゆっくりと低下していき、約 14 日経過した後に坑内温度と同じ温度に達している。その後は坑内温度の平均値と同じになるような変化を示している。



図—4 覆工コンクリート内の温度変化（鋼製セントル）

表—2 と同様に各測定点で計測された覆工コンクリートの初期温度、最高温度そして温度上昇値を表—3 に示す。初期温度の平均値が 19.4℃で、その後 14.3℃上昇して最高温度が 33.7℃に達している。コンクリートが打設されたのが 4 月の後半であったことにより、初期温度は 19.4℃と高くなっているが、その後の温度上昇は前述の FRP セントルで打設された一般部の平均上昇値 18.0℃より 4.7℃低い 14.3℃の値を示している。初期温度が高い割には最高温度が 33.7℃と低く、このことが影響して図—3 の温度変化と比較して割と早い 14 日経過後に、坑内温度が同じ温度に達している。

表—2 覆工コンクリートの初期温度と温度上昇値（FRP セントル）

型枠	スパン	位置	初期温度 (°C)	最高温度 (°C)	温度上昇値 (°C)
FRP	73BL (2/8 打設)	上段	14.7	33.5	18.8
		中段	15.3	32.0	16.7
		下段	14.3	30.5	16.2
	74BL (2/10 打設)	上段	20.5	40.7	20.2
		中段	19.7	36.8	17.1
		下段	17.9	35.8	17.9
	75BL (2/12 打設)	上段	17.5	38.2	20.7
		中段	17.9	35.5	17.9
		下段	16.5	32.6	16.1
	平均値	上段	17.6	37.5	19.9
		中段	17.6	34.8	17.2
		下段	16.2	33.0	16.8

表—3 覆工コンクリートの初期温度と温度上昇値（鋼製セントル）

型枠	スパン	位置	初期温度 (°C)	最高温度 (°C)	温度上昇値 (°C)
鋼製	28BL (4/24 打設)	上段	20.2	36.2	16.0
		中段	19.8	34.4	14.6
		下段	18.2	30.5	12.3

前述したようにFRPセントルを使用して打設された覆工コンクリートの温度は、鋼製セントルを使用して打設されたコンクリートより、温度が高くなることが現場実験で示された。コンクリートの強度は、材齢と温度の両方によって異なるため、強度は積算温度(Σ (時間の間隔)×温度)の関数であると言われている。28日までの材齢と0～20℃前後の養生温度では、コンクリートの強度は積算温度の対数との直線性が明瞭に示されている。つまり、20℃前後で養生されたコンクリートの強度は、積算温度が大きくなればなるほど、高い値を示すことになる。まだ貫通していない状態のトンネル坑内においては、坑内温度は図—3および図—4に示されるように20℃前後であり、またトンネル坑内は湿度も十分にあるので、材齢の初期段階でコンクリートの温度が高いことは積算温度が十分になることを意味している。長期的な強度も含めてコンクリートの強度が高くなり、ひいては耐久性の高いコンクリートが生産されることになる。

5. おわりに

覆工コンクリートを打設する際に、セントルとして熱伝導率の低いFRPを用いると、養生中にセントル表面から熱が伝達されにくくなるため、鋼製セントルを用いた場合に比べて覆工コンクリートの温度が3～5℃高くなることが実測値から明らかになった。この高くなった覆工コンクリートの温度は、脱型後もその差を保ったまま、ゆっくりと低下していくために、覆工コンクリートの品質にとって有利な条件となる。コ

ンクリートの強度は28日までの材齢と0～20℃前後の養生温度では、積算温度が大きくなればなるほど、高い値を示すことになる。つまり、トンネルの坑内のように坑内温度が20℃前後で一定であり、加えて十分な湿度がある場合は、FRPセントルを用いて打設された覆工コンクリートの強度は、鋼製セントルを用いて打設された覆工コンクリートの強度よりも高くなっている可能性が高い。覆工コンクリートのひび割れで問題となってくる引張強度も高くなっていることが考えられる。

一方、今までは述べてこなかったが、FRPセントルは水密性が相当に高く、打設されたコンクリートから水が溢水することがほとんどないために、脱枠時にはFRPセントルの表面に水がびっしりと付着しているため、標準養生状態にも近く、離型にも非常に有利となる。

J C M A

【筆者紹介】

瀬崎 満弘 (せざき みつひろ)
宮崎大学
工学部
准教授



源石 佳弘 (げんいし よしひろ)
㈱エムケーエンジニアリング
代表取締役



全断面早期閉合における合理化施工

石 山 宏 二・大 谷 達 彦・高 橋 誠 二

切羽に近い位置で一次インバートを施工することで早期に断面を閉合し、トンネルの変形や沈下を抑制できる全断面早期閉合の施工事例が増えている。しかし、安全管理および品質（出来形）管理の面で課題が見られたことから、より合理的な施工を図るために「一次インバート施工管理システム」を開発し、能越自動車道の氷見第8トンネルにおいて現場適用試験を行った。

本文では、一次インバート施工に伴う切羽面の押出し変状とインバート部の出来形をリアルタイムに計測管理する機能を有した「一次インバート施工管理システム」の紹介、ならびに本システムの実用化に向けて取組んだ現場適用試験の結果について述べる。

キーワード：全断面早期閉合、一次インバート、合理化施工、安全管理、品質管理、計測管理

1. はじめに

能越自動車道は、石川県輪島市と富山県砺波市を結ぶ延長約 100 km の高規格幹線道路である。能越自動車道が完成し、北陸自動車道や東海北陸自動車道と接続することによって、能登地域の産業、経済、文化の発展を促進することが期待されている。

本文は、能越自動車道の氷見第8トンネルで行った「補助ベンチ付き全断面掘削工法による早期閉合（以降、全断面早期閉合と称す）」の合理化施工の取り組みを報告するものである。全断面早期閉合は、トンネルの変形や沈下を抑制するために、近年、適用事例が増加している施工法である^{1)～7)}。

図—1 に氷見第8トンネルの位置図を示す。本トンネルでは、安全かつ合理的な全断面早期閉合による

施工を行うために「一次インバート施工管理システム」を開発し、現場適用試験を行った。

2. 全断面早期閉合における合理化施工の取り組み

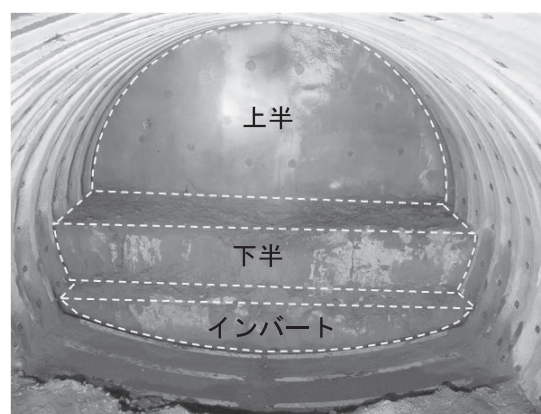
(1) 全断面早期閉合の概要

この施工法は、写真—1 に示すように、切羽から近い位置でインバート部に吹付けコンクリートや、鋼製ストラットを施工し（以降、本設インバート前に施工するインバートを「一次インバート」と称す）、早期にトンネル断面をリング状に閉合する。

早期に断面を閉合することにより安定性の高いトンネルが形成されることによって、トンネルの変形が抑制できる。また、一次インバートによりトンネルの支



図—1 トンネル位置図



写真—1 全断面早期閉合の切羽状況

持面積を拡大することによって、トンネルの沈下を抑制することができる。

(2) 全断面早期閉合における施工上の課題

本トンネルに先行して施工した能越自動車道の七尾トンネル工事において、全断面早期閉合を適用した(図一1参照)。その施工実績から、全断面早期閉合を適用する際の施工上の課題が明らかになった。以下に課題を示す。

(a) 安全管理

全断面早期閉合は、従来の不良地山に対する一般的な掘削工法である上半先進ベンチカット工法に比べて掘削断面積が大きく、切羽が不安定になりやすい。

このような中、一次インバート施工時には、写真-2のように切羽近傍での作業時間が長くなり、切羽崩落に巻き込まれる重大災害につながるリスクが高くなる。



写真一2 鋼製ストラット設置状況

したがって、全断面早期閉合の適用時は、切羽の安定対策を十分に施すとともに、切羽の変状を監視することが重要となる。

(b) 品質管理

一次インバートの出来形管理は、一般的に、水糸（高さの基準に使う糸）やレーザー等を基準にして掘削高さや支保工設置位置を目視で確認している（写真－3）。

しかし、この方法では計測頻度が限られるため、掘



写真一 3 水系による掘削高さ確認状況

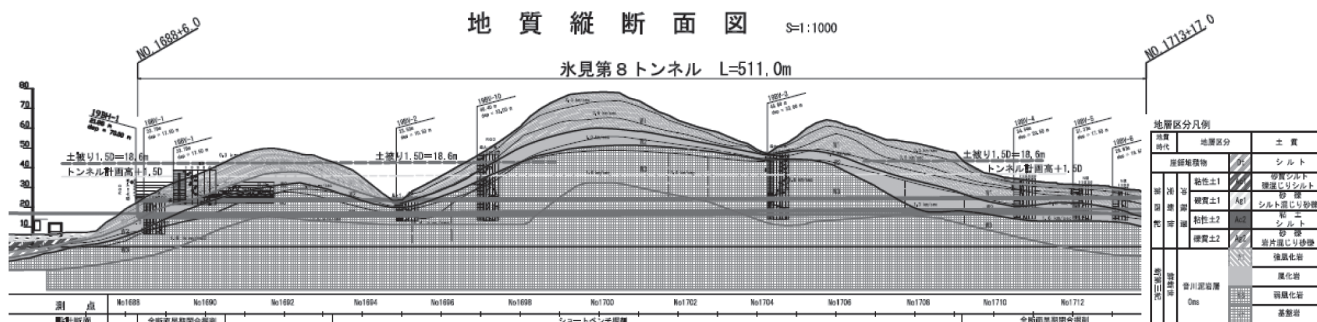
削の過不足や鋼製ストラット設置の精度不良、吹付けコンクリートの巻厚不足等が懸念され、一次インバート全体の品質に影響を与える可能性がある。

そこで、全断面早期閉合の適用時は、一次インバートの掘削、支保工設置を精度よく行うための品質（出来形）管理手法の確立が重要となる。

3. 氷見第8トンネルの施工概要

水見第8トンネルでは、起点側坑口部43.5m、終点側坑口部93.0mの合計136.5mに全断面早期閉合を適用した(図—2参照)。これら両坑口部には、固結度の低い強風化泥岩が存在していて、トンネルの支持力が不足する状況であった。そこで、当初設計において3次元FEM解析が実施され、その結果からトンネルの沈下対策として全断面早期閉合が計画された。図—3および図—4に、水見第8トンネルの全断面早期閉合区間における支保パターン横断図および縦断図を示す。

本トンネルでは、全断面早期閉合を適用することにより、天端沈下を適用前の40% (40.0 mm → 15.8 mm) に抑制することができた。この低減率は、前述した七尾トンネルとほぼ同等の値である。



圖—2 地質縱斷圖

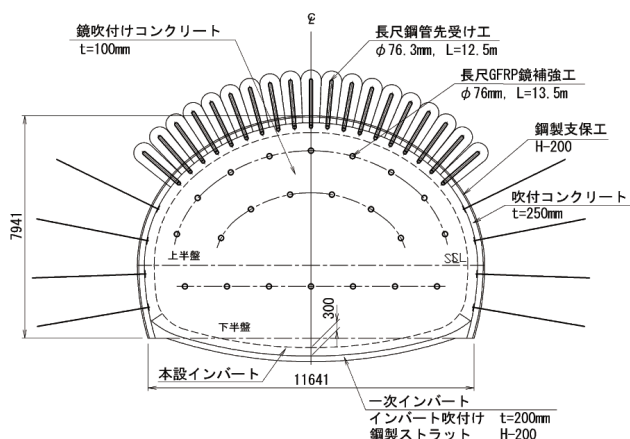


図-3 氷見第8トンネル横断面図

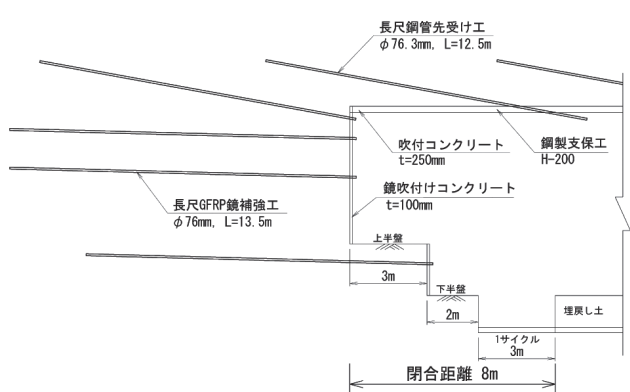


図-4 氷見第8トンネル縦断面図

4. 一次インバート施工管理システム

七尾トンネルで実施した全断面早期閉合において、安全管理および品質管理の体制確立が課題として挙げられた。そこで、この課題解決策として「一次インバート施工管理システム」を開発し、氷見第8トンネルの到達側（終点側）坑口部にて試験施工を行い、その有効性、施工性について検証した。

(1) システムの概要

「一次インバート施工管理システム」の概念図を図-5に示す。本システムでは、インバート掘削に伴う切羽面の押出し変状と、インバート部の出来形（掘削高、支保工設置高・位置）をリアルタイムに計測管理し、設計位置との差異を画面表示する。具体的な機能は、「切羽変状計測」、「インバート掘削高計測」、「支保工計測」の3つで、各々の役割と特長を以下に記す。なお、本システムを廉価かつ確実に機能させるため、山岳トンネル工事の施工管理に多くの実績を有する既存のトンネルマーキング・計測システム⁸⁾に追加できる機能として開発した。

本システムで使用する機器は、一次インバート施工時に掘削部近傍に配置するトータルステーション1台と、これを実無線で操作可能な坑内仕様のハンディPC（タッチパネル方式）から構成される。これらは上記トンネルマーキング・計測システムの付属機器であり、表-1に示す比較的計測精度の高いトータルステーションを選定・採用することを推奨している。

表-1 利用可能なトータルステーションの仕様例

トータルステーション			
		SOKKIA NET1	LEICA TCRA1103
測距精度 (mm)	反射シート使用時	1+1ppm × D	5+2ppm × D
	プリズム使用時	1.5+1ppm × D	2+2ppm × D
	ノンプリズム時	3+1ppm × D	3+2ppm × D
ターゲット照明装置		搭載	-
測角精度 (秒)		1	3
測距時間	精密測定	0.9s毎 (初回2.4s未満)	1s
	高速測定	0.6s毎 (初回2.0s未満)	
	トラッキング	0.4s毎 (初回1.3s未満)	0.3s毎

※ D: 測定距離 (mm)、ノンプリズムでの精度は計測条件 (湧水等) により異なる場合がある

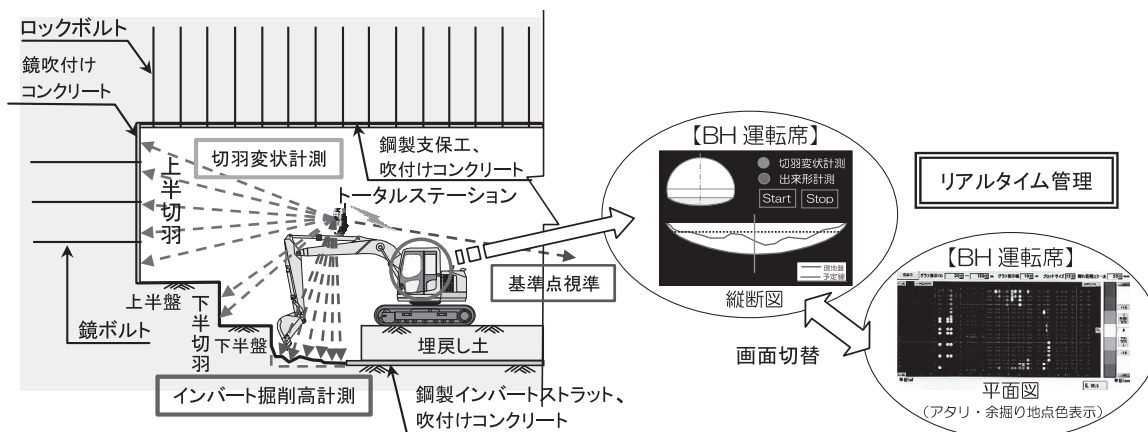
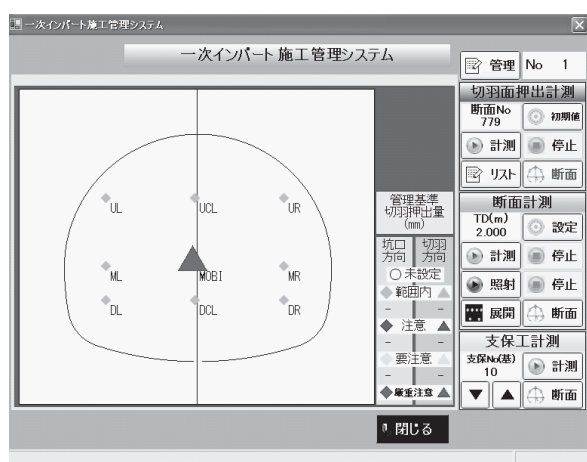


図-5 一次インバート施工管理システム概念図

(a) 切羽変状計測

一次インバート掘削時の切羽面の押出し状況をノンプリズム方式で自動計測し、リアルタイムで切羽変状監視を行う。

図—6に示すように、切羽面上に設定した標準9点の測点をターゲットとし、測点ごとに押出し量に応じて「範囲内」、「注意」、「要注意」、「嚴重注意」の4段階を色分けしてハンディ PC 画面に表示し、掘削機械のオペレータに切羽面の状況を知らせる。最も危険な「嚴重注意」段階では、パトライト等の報知器と連動し、坑内作業員全員に危険性を自動通報することも可能である。



図—6 「切羽変状計測」モードでの計測画面

(b) インバート掘削高計測

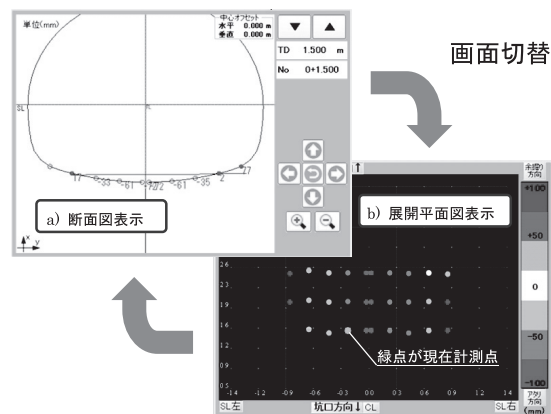
一次インバートの掘削がある程度進んだ段階で「切羽変状計測」から「インバート掘削高計測」へとシステムのモードを切替えて、掘削中の一次インバートの掘削高をノンプリズム方式で自動計測する。

掘削面上の計測断面に設定した標準12点／断面の測点をターゲットとし、測点ごとに掘削高を計測して床付け面計画高に対する差異量をハンディ PC 画面に表示する。これにより掘削作業は過不足（余掘り、アタリ）確認を行いながら実施可能となる。また、掘削作業の過程を考慮して計測対象範囲をインバート部の「左側」、「右側」、「全断面」に選択ができる。計測結果（余掘りやアタリの量）は図—7に示すように断面図、あるいは展開平面図での表示が選択可能となっている。

なお、切羽面の押出し状況が気になる際は、随時「切羽変状計測」モードに切替えることで変状監視が可能となる。

(c) 支保工計測

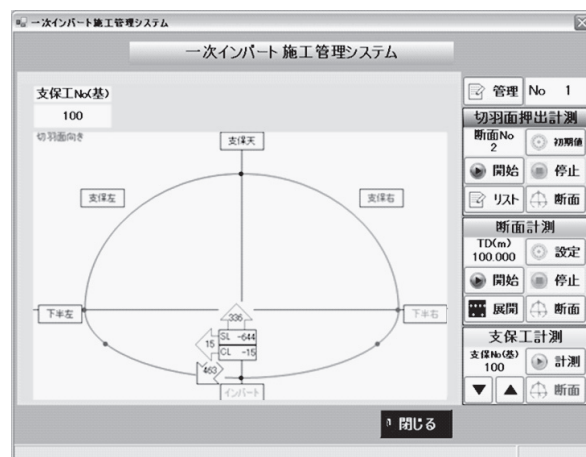
一次インバートの掘削終了後、床付け面へ支保工を



図—7 「インバート掘削高計測」モードでの計測画面

設置する際にシステムのモードを「支保工計測」に切替え、ハンディ PC でトータルステーションを遠隔操作し、プリズム方式で支保工の設置状況（設計高・位置との誤差）を高精度に手動計測する。

ターゲットとなる反射プリズムは、支保工上の所定位置（左、右、中央）に設置し、図—8に示すように、計測結果（設計位置とのずれ量・方向）を瞬時に表示することで、支保工を直ちに適正な位置へと誘導修正することが可能となり、トンネルの品質が確保できる。また、支保工の出来形データを最終的に帳票として残すことで、トンネル供用後における維持管理を行う上でのトレーサビリティ確保にも役立つ。



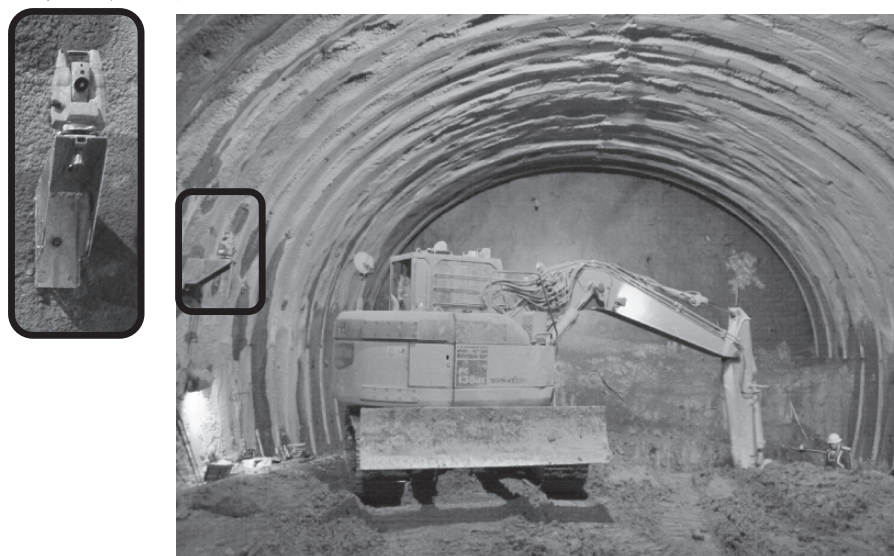
図—8 「支保工計測」モードでの計測画面

(2) 現場適用試験による検証

本システムにおいて実用化を目指す上での課題は、切羽および一次インバート部を計測可能なトータルステーションの設置位置と設置方法であった。

本トンネルでは、写真—4に示すように、側壁肩部のロックボルト頭部に架台治具を取り付け、その上にトータルステーションを設置する方法を考案し採用した。その結果、掘削作業へ支障を与えることなく、

トータルステーション



写真—4 現場適用試験におけるトータルステーション設置状況

一次インバート施工範囲の全体を計測できることが確認できた。

5. おわりに

氷見第8トンネルでは、全断面早期閉合の安全と品質を確保するための「一次インバート施工管理システム」の適用試験を行った。今後、本システムの適用実績を増やすことで操作性や機能の改善を適宜行い、システムの充実を目指していきたい。また、ハンディPCの操作・確認は、現状、職員が行ったが、将来的には掘削機のオペレータが操作できる運用形態を目指している。

今回の報告が、今後の施工の参考になれば幸いである。

J C M A

《参考文献》

- 1) 御手洗良夫, 森崎泰隆, 今田徹: 全断面早期閉合による施工法の考え方とその実例, トンネルと地下 第38巻9号, pp.51-61, 2007.9.
- 2) 浜野善治, 宮崎俊英, 熊谷幸博: 膨張性地山での坑口部の対策工法—ふるさと農道整備工事 七海トンネル工事一, 土木技術 60巻10号, pp.28-34, 2005.10.
- 3) 徳留修, 大津敏郎, 広瀬雅明, 澤田一也: 断層・褶曲作用を受けた脆弱泥岩地山における変位抑制対策, トンネル工学報告集 第17巻, pp.29-34, 2007.11.
- 4) 平野宏幸, 白田芳彦, 清水則一, 神澤幸治, 宮田和: 長尺鏡ボルトと早期断面閉合を用いた地すべり地直下のトンネル施工, 第12回岩の力学国内シンポジウム 併催: 第29回西日本岩盤工学シンポジウム, pp.903-907, 2008.1.

- 5) 秋田修, 真弓英大, 玉井昭雄, 岡山徹: 中央構造線擾乱帯を貫く一三遠南信自動車道 三遠トンネル一, トンネルと地下 第39巻10号, pp.17-27, 2008.10.
- 6) 寺山徹, 津野和宏, 内野貴志, 蛭川愛志: 補助ベンチ付き全断面掘削・早期閉合で都市トンネルを掘る—岸谷生麦線(生麦方向行き)トンネル工事一, トンネルと地下, 第39巻5号, pp.7-17, 2008.5.
- 7) 中野清人, 佐藤諭一, 本藤敦: 蛇紋岩地すべり脆弱部を早期閉合で掘削—北海道横断自動車道 タンネナイトンネル一, トンネルと地下, 第41巻3号, pp.7-16, 2010.3.
- 8) ジェオフロンテ研究会: 山岳トンネルにおけるICT活用事例, pp.22-27, 2010.3.

【筆者紹介】

石山 宏二 (いしやま こうじ)
西松建設㈱
技術研究所土木技術グループ
主席研究員



大谷 達彦 (おおたに たつひこ)
西松建設㈱
土木設計部設計課
課長代理



高橋 誠二 (たかはし せいじ)
西松建設㈱
氷見第8トンネル工事
監理技術者



ドリルジャンボの新技术 海外編

RCS（リグコントロールシステム）によるコンピュータ制御

鏡 田 昌 孝

近年、海外のトンネル施工や地下鉱山では掘削作業をより効率化し生産性の向上を図るために最新鋭の施工機械を導入する事例が増加している。

掘削作業の主要機械であるトンネルジャンボは、施工環境の厳しさから長い間油圧ダイレクト制御が採用されて来たが、機能の高度化のニーズに対応するため自動車など産業界で実用化されたコンピュータ制御の技術を活用した技術開発が進められた。実用化後 10 数年を経て今日ではより高い生産性へのニーズに応え機能と耐久性が評価されている。

本報では、コンピュータ制御技術の開発経緯とこの技術を搭載したドリルジャンボの概要を紹介する。
キーワード：山岳トンネル、発破工法、さく孔技術、ドリルジャンボ、コンピュータ制御、情報化施工

1. はじめに

1998 年にさく岩機のコンピュータ制御システム（リグコントロールシステム、RCS）が実用化されトンネルジャンボに搭載された。当時のトンネル掘削技術としては画期的な技術革新であったが、それ以降もより速く高精度なトンネルさく孔を実現する技術—高精度トンネル掘削（High Precision Tunnelling, HPT）としてさく孔のコンピュータ化と自動化が進められてきた。

今日では 1,000 台以上の RCS 搭載穿孔機が世界各地のトンネルプロジェクトや地下鉱山で使用され穿孔機の標準仕様となりつつある。

RCS はドリルジャンボへの搭載に止まらず、坑内運搬リグや明かり用穿孔機にも活用されるようになり、これらのリグと事務所間をワイヤレスオンラインで繋ぐことでさく孔・運搬プロセスの計画、運転、評価を実現するさらに高度なシステムへと展開が図られている。

が始まりである。

当初の課題は各機能を繋ぐケーブル本数が多すぎることで、ドリルリグに必要なケーブル本数（一般的な車で 200 本）とその重量を考慮すると大幅な削減が必要となった。

システム的大幅な見直しの結果、現行の基本構成となるメインコンピュータ（AP モジュール）1 台、ドリルリグとセンサーに取付けた補助コンピュータ（I/O モジュール）数台をメインケーブル 1 本で繋ぐというシステムが開発された。

メインコンピュータは補助コンピュータと通信し最適な判断を行い、各補助コンピュータはブーム操作といった主要コンポーネントを個別に制御する。補助コンピュータがメインコンピュータからの指示を実行すると、コンポーネントの動きはセンサーで検出されその出力はメインコンピュータに集積・分析される。

2. RCS（リグコントロールシステム）の概要

(1) RCS の開発経緯

RCS の開発は、1980 年後半に当時自動車産業では一般的に採用されていた CANBUS システムからヒントを得てスタートした。CANBUS システムは、窓の上げ下げ、ミラーの自動調整、ブレーキなど多数の機能につながっているケーブルとセンサーで構成されていたが、これをドリルリグに取り入れようと考えたの

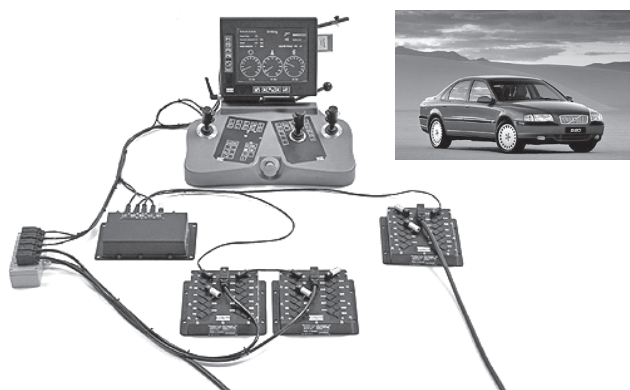


写真 1 RCS 機器構成

RCS の本格的な開発は 1990 年に開始され 8 年をかけて第一世代の RCS 搭載 2 ブームホイール式ドリルジャンボ「ブーマー L2C」が完成した。

基本構成は実現したものの操作全般にわたり完成したものではなかったため、コンピュータ制御はこの時点ではオペレータの経験を超える評価は得られなかった。しかし、機能が拡充されればオペレータの運転を支援する有効なシステムになるとの成果と自動化システムへの可能性を示した。

この結果コンピュータ技術や通信技術の進展に伴って RCS もアップグレードされ、第二世代の RCS プラットフォーム搭載のドリルジャンボは 2000 年～2001 年に製品化された。

その後他の坑内用機械や明かり用機械への導入を進め、2002 年～2006 年には坑内用ショベルローダー、試錐機、レイズボーラなどに第三世代 RCS を、2007 年～2010 年にダイヤモンドコアドリルリグやロータリープラストホールリグに第四世代 RCS プラットフォームが搭載され、現在では製品の全機種に同じ RCS プラットフォームが使用されている。

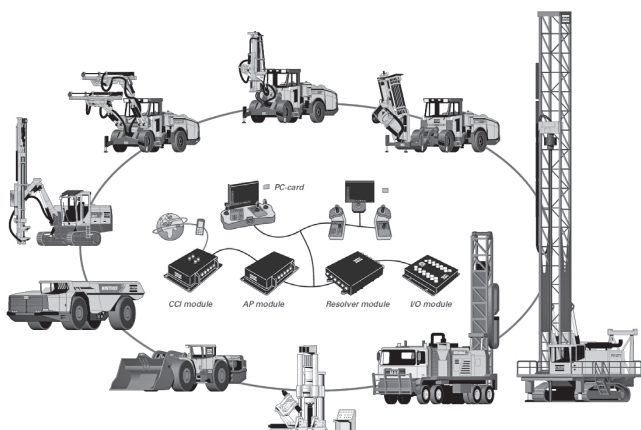


図-1 RCS プラットフォームのイメージ

次世代の RCS は生産性の向上のために、機械操作性の改良だけではなく稼動中の各機械を効率良く連動させる手法の開発にポイントを置いている。また事務所とオペレータ、作業関係者が稼動情報を共有し、結果を記録・分析できるような情報の活用、情報化施工を可能とするプラットフォーム開発を目指している。

(2) RCS の特徴

RCS の特徴をまとめると以下の通りである。

①すべてのリグに共通のプラットフォーム

システムコンポーネントが共通なため、現場に在庫するスペアパーツを削減できる。

②産業用に確立された標準仕様

多くの採用実績をもつ信頼性の高いシステム。

③グラフィカルなマンマシンインターフェイスとマルチ言語の表示サポート

オペレータが操作しやすく、どの RCS マシンも習得・操作が容易。別の機械への交代も容易。

④組込診断システム

故障発見と機械保守が容易で作業時間を短縮。

⑤アップグレードが容易なモジュラー構造

ユーザニーズに応じた機能の拡張性

3. RCS ドリルジャンボ

(1) ドリルジャンボ用 RCS の概要

(a) 標準機能

一つのパネル操作でリグ上のブームやフィードのポジショニング、さく孔位置やさく孔作業を制御することができる。

RCS の標準機能は以下の通りである。

①標準および制限値のシステムへの入力

掘削に必要な標準値と限界値は、操作パネルから入力、変更される。この作業は適切な訓練を受けた権限を持つ担当者によって行われることを基本とするため、アクセスレベルをオペレータ用日常操作レベルと、サービスエンジニア用機械保守レベルの 2 段階に設けている。

②さく孔作業の制御

ドリルジャンボの役割は、高速かつ低コストで正確にさく孔することにある。手動で作業を開始しても RCS に組み込まれた多くの作業手順がさく孔を制御する。フィード速度とフィード力の正確な比例制御は、ロッドの曲がりをも最小限に抑え無理の無いカラーリングを可能にし、また孔の直進性とロックツールの寿命を向上させる。

カラーリング設定圧力での掘削は、オペレータがジョイスティックを放した後も所定の時間継続する。その後圧力は設定時間内に設定最大圧まで上昇する。

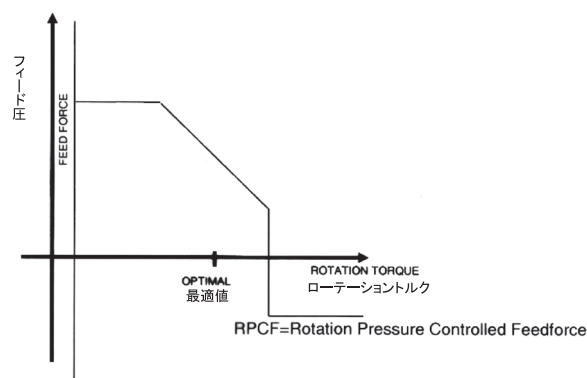


図-2 RPCF 概念図

ルジャンボに搭載された RCS ソフトウェアの更新に使用する USB スロットを組込んだ高解像度、フルカラーのディスプレイモジュール。

パネルは人間工学に基づいて設計され、多機能ジョイスティックと重要な機能に直接アクセスするための論理的に配置されたプッシュボタンで構成される。情報はグラフィックやテキストでディスプレイに表示される。

⑤ コモンコミュニケーションインターフェース (CCI) モジュール

オプション機能 RRA (Rig Remote Access) の一部として RCS システムと TCP/IP (イーサネット) ネットワーク間のデータ送受信を行う。ドリルジャンボのディスプレイモジュールへのリモートアクセス、データの送受信、作業現場の管理システムとジャンボ操作データとの統合が可能となる。

(2) High Precision Tunneling (HPT)

トンネルの品質向上と経済性の実現を目指して精度の高いトンネル掘削の試みがなされている。同様の考えから海外のトンネル工事においても高精度で高速の掘削管理が求められている。コンピュータさく孔は、さく孔速度を向上し精度を高めるための有効な手段と位置づけられ広く採用されている。



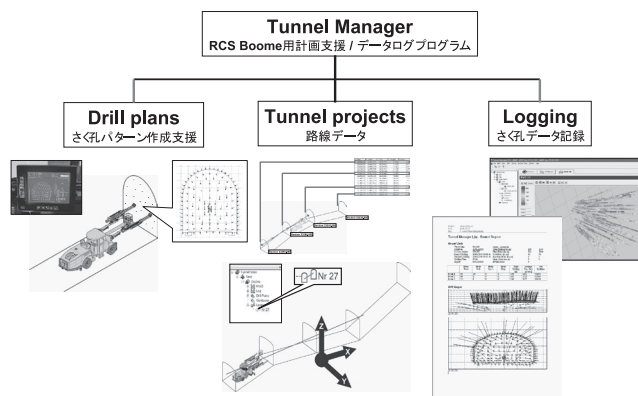
写真—5 RCS ドリルジャンボの操作状況

より質の高いトンネル施工を実現するコンセプト、HPT はドリルジャンボと一体となって機能する 5 種類の先進技術、トンネルマネジャー、リグリモートアクセス、トータルステーションナビゲーション、そしてトンネルプロファイラーで構成されている。

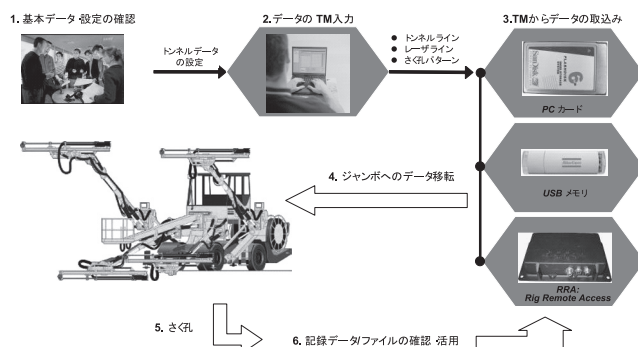
(a) トンネルマネジャー

RCS を装備したドリルジャンボを現場事務所からサポートできる PC のソフトウェア。

このソフトウェアはトンネル計画路線や発破パターンの作成、さく孔工程の計画、保存、データ分析を支援しトンネル施工サイクルを最適化するために使われる。



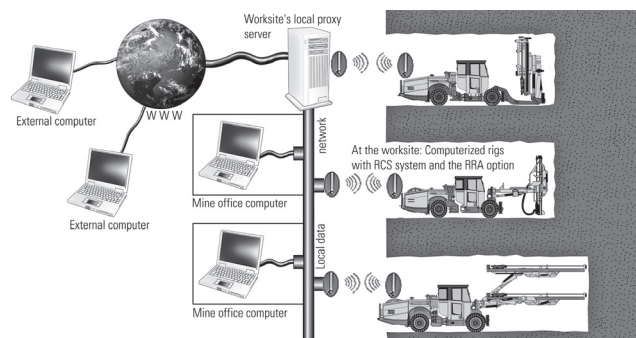
図—6 TM の構成概要



図—7 TM でのデータフロー

(b) リグリモートアクセス (RRA)

ジャンボに記録されたデータをオンラインで管理部署と送受信し保存するシステム。データは自動更新される。ジャンボとオンラインで繋がることで関係部署では最新の情報による管理が可能となる。

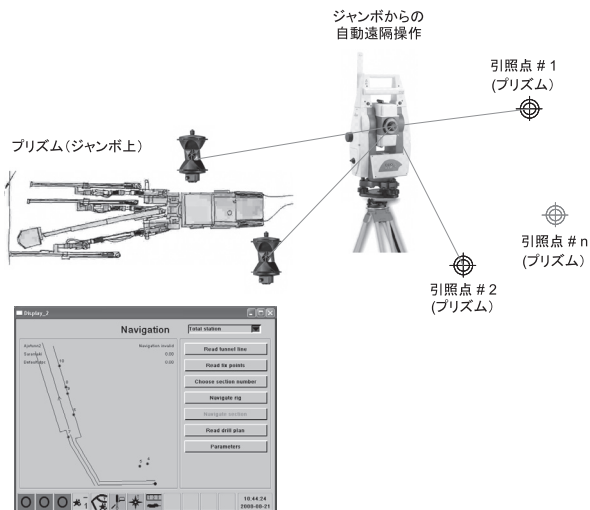


図—8 RRA の概念図

また、オンラインでジャンボの状態を診断できるようになりトラブルの防止、計画的な保守点検が可能となる。

(c) トータルステーションナビゲーション (TSN)

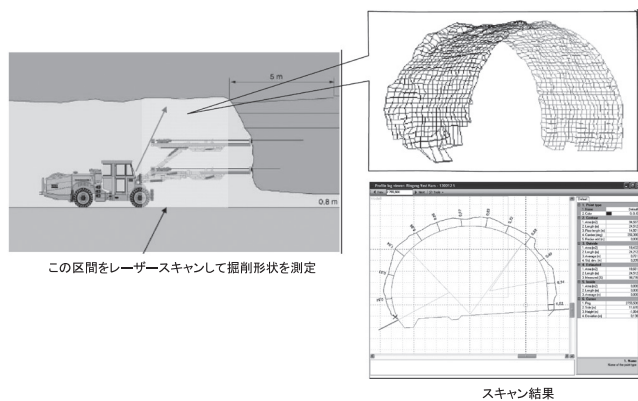
ドリルジャンボの位置決めを精度よく迅速に行うための支援システム。ナビゲーションはジャンボとトンネル壁面に取り付けたプリズム、三脚に据え付けたトータルステーションを使いオペレータが操作する。



図—9 TSN の概念図

(d) トンネルプロファイラー

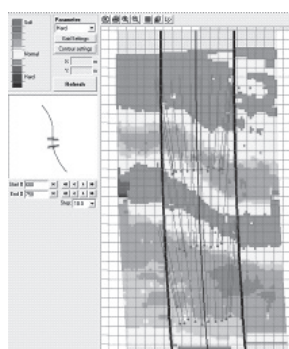
トンネル断面を迅速に高精度で測定する 3D のスキャンシステム。さく孔作業の前にジャンボ前方の断面計測を行う。計測データは数分で処理され運転席に断面の過不足状況を表示する。オペレータはこの結果に基づいてさく孔パターンの修正が可能となる。



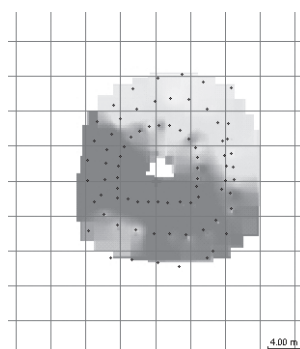
図—10 トンネルプロファイラー計測概念図

(e) さく孔データ測定システム (MWD)

さく孔速度、フィード圧力、回転スピード等のさく孔データを計測・記録するためのシステム。記録され



図—11 MWD 地山評価の出力例 (平面)



図—12 MWD 地山評価の出力例 (断面)

たデータを活用し岩質や破碎帯の推定など地山の特性を予測する。

これらの技術を有効活用することで不要な作業を抑えより高品質なトンネルの施工が実現されている。

4. おわりに

RCS の開発は、第一段階では操作系が対象となった。

第二段階の対象は通信技術の有効活用であり現時点での最新版、第四世代で実現された。

この成果を活用しトンネル施工の高度化を目指した技術が HPT (High Precision Tunneling) である。

この機能と効果は以下の通りである。

【機能】

- ①さく孔用データの作成とこれによる運転
- ②さく孔データの記録と活用
- ③データ通信
- ④切羽直後の断面測定
- ⑤ MWD : Measurement While Drilling
- ⑥ トータルステーション・ナビゲーション

【効果】

- ①余掘りの低減
- ②トンネル品質の向上
- ③工期の短縮

現在進行中の第五世代の開発目標は、情報化により作業工程全般を最適化することにある。掘削データが必要になるのはオペレータばかりではなく火薬の装填や発破作業の効率化にも重要な情報となる。積込みや運搬機械ではエンジン、トランスミッション、油圧やブレーキなどの主要装置のモニターデータは操作に対する警告や最適操作への支援に止まらず、関連作業との作業調整や最適化に必要な情報となる。これら従来は単独で活用されてきた施工データを共有化し工事管理の情報化を図ろうとするものである。

これらの最新技術がトンネル工事管理の高度化と経済性の実現に貢献することを期待したい。

J C M A

【筆者紹介】

鏡田 昌孝 (かがみだ まさたか)
アトラスコプコ(株)
土木鉱山機械事業部



ラインセンサカメラを用いたトンネル変状検査システム トンネルスキャナー

鵜飼 正人・下田 一也

トンネル覆工表面の高精度な展開画像を、低コストで効率的に撮影できる、ラインセンサカメラを中心とした撮影装置「トンネルスキャナー」を開発した。専用の撮影車によらず、工事用トロなどにカメラ・照明を搭載して撮影する。撮影速度は約 20 km/h と高速で、単線トンネルは 1 回、複線トンネルは上下線各 1 回の走行で全断面を撮影する。1 回の走行で数十 km の連続撮影が可能である。さらに、ひび割れや漏水などの変状を自動的に検出し、その幅や長さなど精度良く計測する、トンネル全般検査に適用可能な画像処理手法を開発した。本報では、開発した撮影装置ならびにひび割れなどの変状を自動的に検出する画像処理手法について報告する。

キーワード：トンネル，変状，ひび割れ，ラインセンサカメラ，画像処理

1. はじめに

コンクリート構造物の目視検査は、検査員の主観に左右される上、膨大な作業量となるため、検査精度の向上と作業の効率化が望まれている。

鉄道トンネルの維持管理業務のうち、全般検査はすべてのトンネルを対象として 2 年ごとに実施され、基本的に目視や打音によって変状を抽出し、健全度を判定している。近年、これら人手による検査方法に代わって、レーザ¹⁾やハイビジョンカメラを用いたトンネル検査システム²⁾が開発され、その効果が報告されている。これらの背景としては、高性能で低価格な画像処理ハードウェアが出現し、これにより画像処理技術の適用可能性が高まったことが挙げられる。

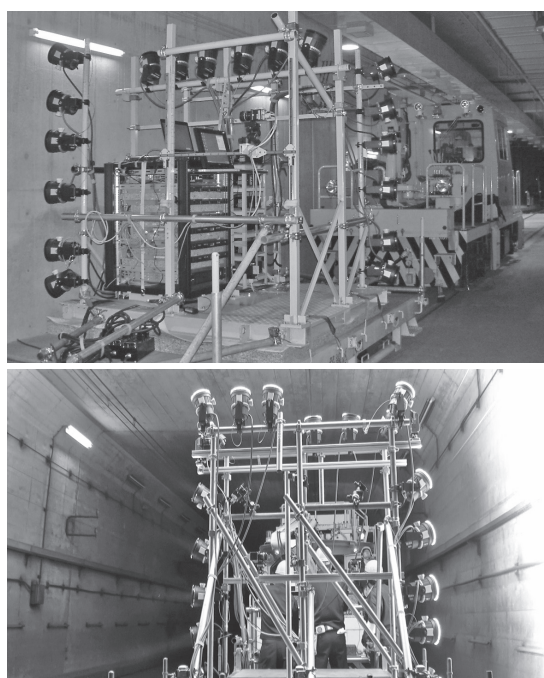
我々は、ラインセンサカメラを用いてトンネル覆工面の高精度な展開画像を撮影する「トンネルスキャナー」装置と、ひび割れや漏水などの代表的な変状を自動的に検出し、その幅や長さなどをサブピクセル精度で計測する、トンネル全般検査に適用可能な画像処理手法を開発した。

2. トンネルスキャナー撮影装置

(1) 撮影装置の概要

トンネルスキャナーは、撮影専用の車両を使用するのではなく、カメラ・照明など必要最低限の装置を、工事用車や保守用車に搭載して撮影するものである。

この際、ラインセンサの光軸がトンネル断面方向になるようにカメラを取り付け、単線トンネルは 1 回の走行で、複線トンネルは上下線各 1 回の走行で全断面を撮影することができる。基本的に車上では撮影・記録のみを行い、地上で撮影データをオフライン処理する。本装置は、撮影速度、記録時間ならびに記録容量において、他のトンネル覆工面撮影装置に比べ大幅な性能向上を実現している。開発したトンネルスキャナーの外観を写真—1 に示す。



写真—1 トンネルスキャナーの外観

鉄道トンネルの場合、一般的に検査業務は、夜間の数時間程度の列車間合いで実施される。また検査精度に関しては、幅 1 mm 以下のひび割れを検出したいという要求がある。これらの要件を満たすためには、撮影速度と撮影解像度が重要な鍵となる。この撮影速度は要求解像度とラインセンサのスキャン速度によって決まる。他のほとんどの撮影装置の速度が数 km/h 程度であるのに対し、本装置の現段階での設定速度は 20 km/h と高速なので、一晩の作業間合いで数十 km の連続撮影が可能である。

(2) 撮影解像度の算出

ラインセンサカメラの仕様を表—1 に示す。ラインセンサカメラによる撮影では図—1 に示すように、素子の向きはトンネル断面方向と一致する。撮影解像度に関しては、断面方向はカメラ画素数によって、延長方向は車両の走行速度とスキャン速度によって決まる。通常の撮影では、設計解像度を縦横約 0.8 mm/pixel としている。

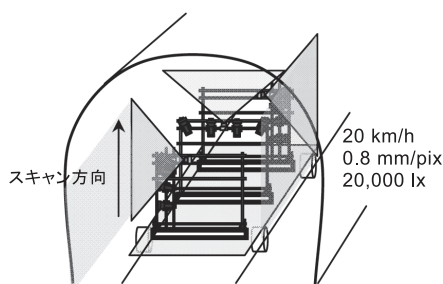
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad M = \frac{b}{a} = \frac{np}{Lx} \quad Lx = \left(\frac{a}{f} - 1 \right) \times np$$

$$a = \left(\frac{Lx}{np} + 1 \right) \times f \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに Lx はトンネル壁面の視野、 np はラインセンサの全画素長、 a はトンネル壁面～レンズ間距離、 b はレンズ～ラインセンサ間距離、 f は焦点距離、並びに M は光学系倍率である。5,150 画素のカメラで解像度

表—1 ラインセンサの仕様

画素数 (bit)	5150
画素サイズ (μm)	7 (H) × 7 (V)
素子長 (mm)	36.05
駆動クロック (MHz)	40
感度 (V/(lx・s))	120
飽和露光量 (lx・s)	0.0416
データレート (MHz)	40
ビデオ出力	Camera Link 8 bit/10 bit
外形寸法 (mm)	64(W) × 70(H) × 114.5(D)
レンズマウント	Nikon



図—1 ラインセンサのスキャン方向

0.8 mm/pixel を得るためには、一台のカメラの視野幅は 4,120 mm となる。実際の撮影条件 $np=36.05$ mm、 $f=20$ mm を代入すると、カメラ取り付け位置は

$$a = \left(\frac{4,120}{36.05} + 1 \right) \times 20 = 2,305.7 \text{ (mm)} \quad \dots\dots\dots (2)$$

となり、壁面から約 2.3 m 離れた位置にカメラを取り付ければよい。また延長方向に関して、撮影速度 20 km/h で 0.8 mm/画素の解像度を得るために必要なスキャン速度は

$$V_{scan} = 0.8 \div \left(\frac{20}{3,600} \right) = 144 \text{ (μs)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

となり性能内に収まっている。

なお、スキャン用の同期信号として、たとえば車輪回転パルスを利用すれば、車両速度が変化しても延長方向の距離ピッチは一定となる。ところが、モーターカーやトロリーの車輪回転パルスは、簡単には取得できないという課題がある。そこで車両は定速走行するという前提で、本装置では通常、車両速度に対応した一定のスキャン速度で撮影している。

(3) フォーカス調整機能

ラインセンサカメラの場合、静止状態でのフォーカス調整が難しいため、効率よく、正確にピントが合わせられるかどうかポイントとなる。そこでフォーカスの合焦度合が、映像信号波形の形状特徴として表れることに着目し、一次微分値のヒストグラムを用いて、波形の先鋭度合いを評価する解析手法を考案した。このようにフォーカスの合焦度合を定量化することで、誰でも正確にピントを合わせることが可能となった。

3. 展開画像（マスタ画像）作成

本章では、トンネルスキャナーで撮影した画像から展開画像を生成する手順を説明する。

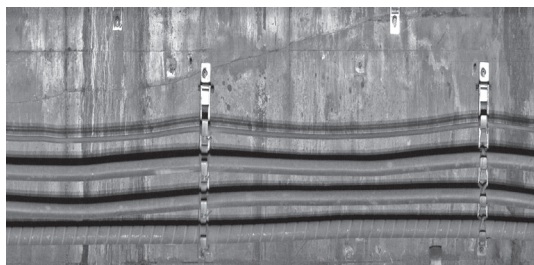
(1) コントラスト改善処理

トンネル壁面の汚れのため、全体的に暗く、コントラストの低い画像が撮影される場合がある。画像の輝度ヒストグラムを見ると、暗い部分にヒストグラム分布が偏っている。そこで、ヒストグラムを線形変換して輝度値の分布を 0～255 まで広げて、鮮明な画像に改善した。修正後の輝度値は、

修正後の輝度値 = $255 \times (\text{各画素の輝度値} - \text{輝度値の最小値}) / (\text{輝度値の最大値} - \text{輝度値の最小値})$ となる。なお、正規化して最大値を 255 にあわせている。この処理により、コントラストが高くなった改善



①撮影元画像



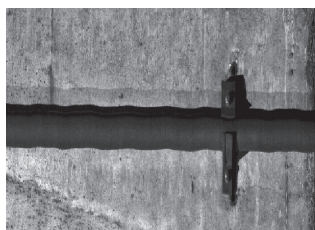
②輝度レベル補正後画像

写真—2 コントラスト改善処理

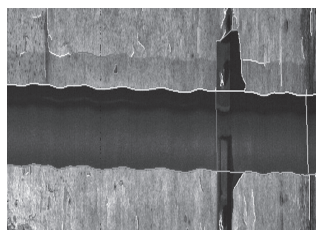
後の画像を写真—2に示す。

(2) カメラブレ補正処理

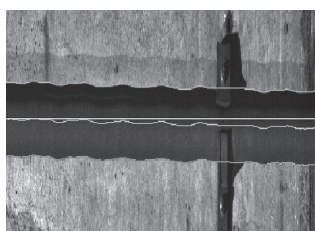
車両振動に伴いカメラがぶれると、撮影画像に揺らぎが発生する場合がある。ラインセンサカメラはセンサが1次元であるため、カメラが上下方向に振動すると、階段状にずれたような画像となる。そこでこのブレを1ライン単位で補正する手法を検討した。本来直線であるはずの電線ケーブルなどの構造物を手がかりに、波状のエッジからズレ量を計測し、ラインごとにそのズレ量だけシフトして補正する。特別なセンサを用いることなく、写真—3に示すような良好な画像を得ることができた。



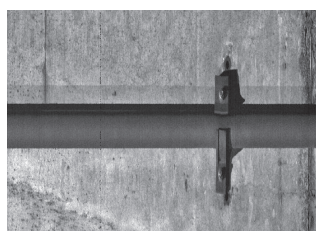
①補正前元画像



②ケーブルのエッジ抽出



③両側線の平均線近似



④シフト処理による補正後画像

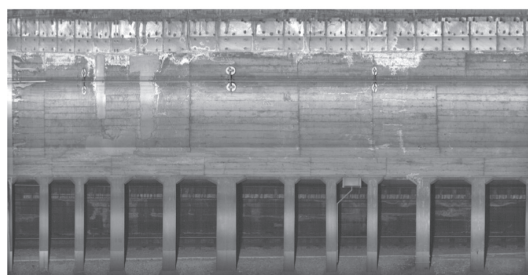
写真—3 カメラブレ補正処理

(3) トンネル断面方向の歪み補正処理

撮影画像には、レンズ周辺部で画像が歪む歪曲収差以外に、例えば馬蹄形のトンネルを撮影した場合、トンネル壁面が複雑な曲面であることから、曲率の違いにより断面方向の画素ピッチが変化するという歪みが発生する。そこで、この画素ピッチを一定にする正規化処理アルゴリズムを開発し、テスト画像を用いて検証実験を行った結果、歪みが正しく補正されることを確認した。

(4) トンネル延長方向の正規化処理

ラインセンサカメラのスキャンスピードは一定なので、車両速度が変化すると、トンネル延長方向の画素ピッチが変化する（伸縮した画像になる）という課題を抱えている。そこで、撮影用ラインセンサカメラとは別に軌道などを撮影するカメラを準備し、当該カメラで記録された画像に対して、微小時間間隔における前後の画像の輝度データから速度ベクトルを算出するアルゴリズムを検討した。得られた速度情報を基に、画像の正規化処理を行った結果、写真—4に示すように延長方向の画素ピッチが一定な画像が得られた。



①撮影元画像 (本来等間隔の桁のピッチが不揃い)

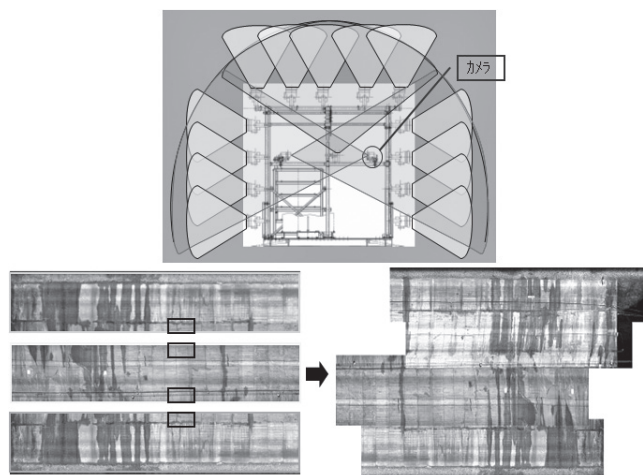


②正規化処理後画像 (桁のピッチが等間隔)

写真—4 延長方向の正規化処理

(5) 各カメラ画像の接合処理

図—2に示すように、トンネル断面方向に複数のカメラで分割して撮影した画像をつなぎ合わせて一枚の展開画像を作成する。一般的には、隣接する画像内で重複して映っている領域に対して、人間が切り取り位置を指定することで重ね合わせを行っている。しかしこの方法では、接合精度が良くない上、データも膨



複数台のカメラで覆工面を分割して撮影し、各カメラの画面をつなぎ合わせる

図一 2 各カメラ画像の接合処理

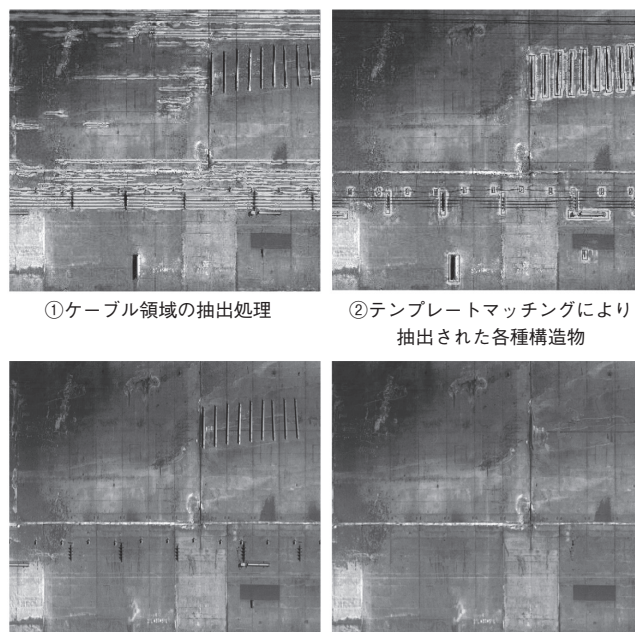
大になるので、精度向上と効率化が課題であった。そこで、マッチングを自動化するために、パノラマ画像などを生成する際に用いられるイメージモザイク手法を適用した結果、精度良くつなぎ合わせができるようになった。

4. 画像処理手法を用いた変状検出手法の開発

(1) 画像補間技術を用いたノイズ成分の除去

トンネル壁面画像には、ひび割れ以外にも型枠や汚れ、ケーブル等が映っており、通常の画像処理はひび割れ以外の対象にも一律に作用するので、ひび割れだけを選択的に処理することができない。そこで、これら画像内の不要な部分を取り除いた上で、取り除かれた領域（欠損領域）を自動的に補間するアルゴリズムを検討した。蛍光灯、架線等の構造物を画像中から抽出して、壁面のみの画像を生成する画像補間手法³⁾を適用した。

まず抽出したい構造物をテンプレートとして登録し、スケールの変化に対応した形状ベースのパターンマッチングでこれらを抽出する。本検索手法においては、濃淡値を適用するのではなく、物体の特性を定義する輪郭データと、その法線方向の濃淡値の勾配データを適用する。これにより隠ぺいや乱れのある画像にも極めて頑強な検索を実現する。スケールに関しては、モデルの大きさの0.8～1.2倍まで探索するようにしている。次に、テクスチャを考慮しながら周辺のトンネル壁面画素で探索した当該領域を補間する。つまり、当該領域が新しい濃淡値で覆われるまで、周囲の画像の完全な部分からコピーする。この過程を繰り返すことで、写真一5に示すようにあたかもこれらの構造物が無いような画像が生成される。不要成分が除



①ケーブル領域の抽出処理

②テンプレートマッチングにより抽出された各種構造物

③ケーブル領域を背景で自動修復

④補強金具等の構造物領域を背景で自動修復

写真一 5 画像補間手法による壁面画像の生成

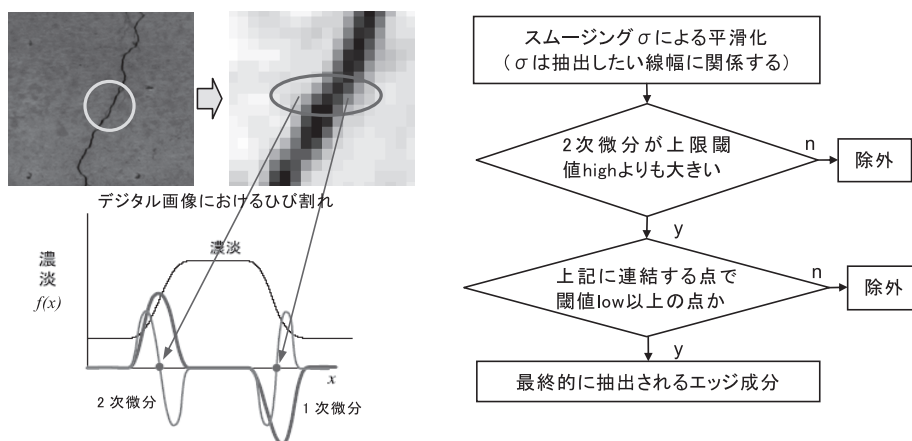
去された画像に対してひび割れ検出処理を行ったところ、ケーブルや構造物が誤って検出されることがなくなり、変状検出に有効な前処理手法であることを確認した。ただし、ケーブル近傍に存在する変状は、一緒に除去される可能性もあるので、マスク領域に対しては別途検出処理を行うようにしている。

(2) サブピクセル精度のひび割れ検出アルゴリズム

展開画像から、代表的な変状のひとつであるひび割れを、自動的に検出する画像処理手法を検討した。

周辺に比べて黒っぽい線状の領域というひび割れの特徴に着目して、ひび割れを輪郭線でモデル化する。輪郭線周辺はコントラストが急激に変化する部分なので、画像の微分値の高い部分を抽出するようなフィルタ^{4), 5)}を適用した。検出感度を左右する3つのパラメータ（平滑化係数 σ 、ヒステリシスを考慮したエッジ抽出の上限の閾値 high、および下限の閾値 low）を操作し、幅 0.5 mm 程度のひび割れを検出する。

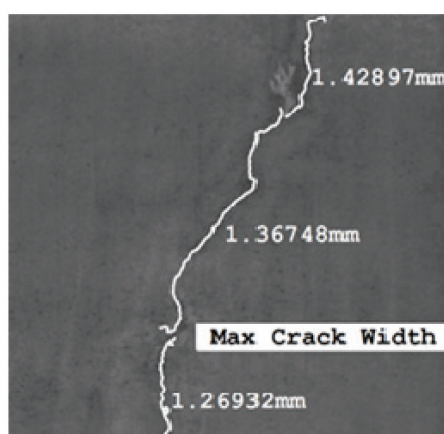
本アルゴリズムでは、エッジ強度の強い（太いひび割れの可能性が高い）成分に対しては、その端点からさらに伸びるひび割れや、枝分かれするひび割れ、連結するひび割れがないかを、きめ細かく検査する。1次微分処理においては、本来のひび割れ以外にも、ノイズを誤って検出したり、逆に目的とするひび割れが得られない場合がある。そこで、これらノイズの検出を抑制して、本来のひび割れを検出する手順を図一3に示す。確実と思われるエッジ要素、つまり閾値上限



図一3 ヒステリシス閾値を適用したひび割れ検出の高精度化

High を超えるエッジ強度を持つエッジ画素を求める。次に許容できる低い閾値 Low 以上のエッジ強度を持つエッジ画素を求め、そのうちで High で求めた確実と思われるエッジと結びつく画素のみを選ぶ。これら以外の画素はすべて除外する。検出実験により評価した結果、一例として $\sigma = 2.3$, $high = 0.7$, $low = 0$ に設定すると、比較的良好な検出結果が得られた。

本手法により、本来のひび割れ情報を保ちながら、ノイズを抑えることが可能となり、検出性能の大幅な向上を実現した。また、本処理はサブピクセル精度の結果が得られるので、写真一6の最大ひび割れ幅計測結果が示すように、高精度な画像計測が可能となっている。さらにトンネルクラウン部などはより詳細な検査ができるように、ひび割れの発生部位や方向に応じて、検出感度を調整できるようにしている。

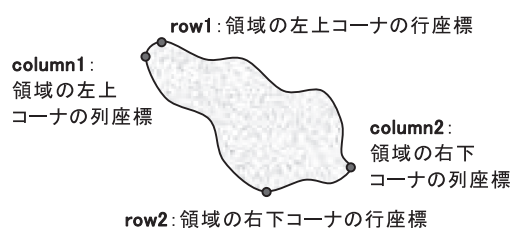


写真一6 最大ひび割れ幅の計測結果

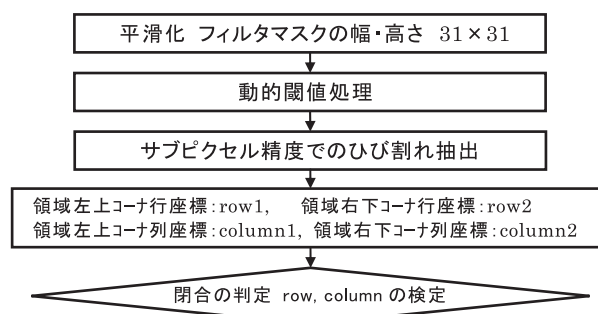
(3) 閉合ひび割れの検出アルゴリズム

ひび割れ同士がつながって、幾何学的に閉じた領域となる“閉合ひび割れ”が発生すると、当該部分のコンクリートが落下する剥落の危険性が高まる。この閉合ひび割れを自動的に検出するアルゴリズムを検討した。

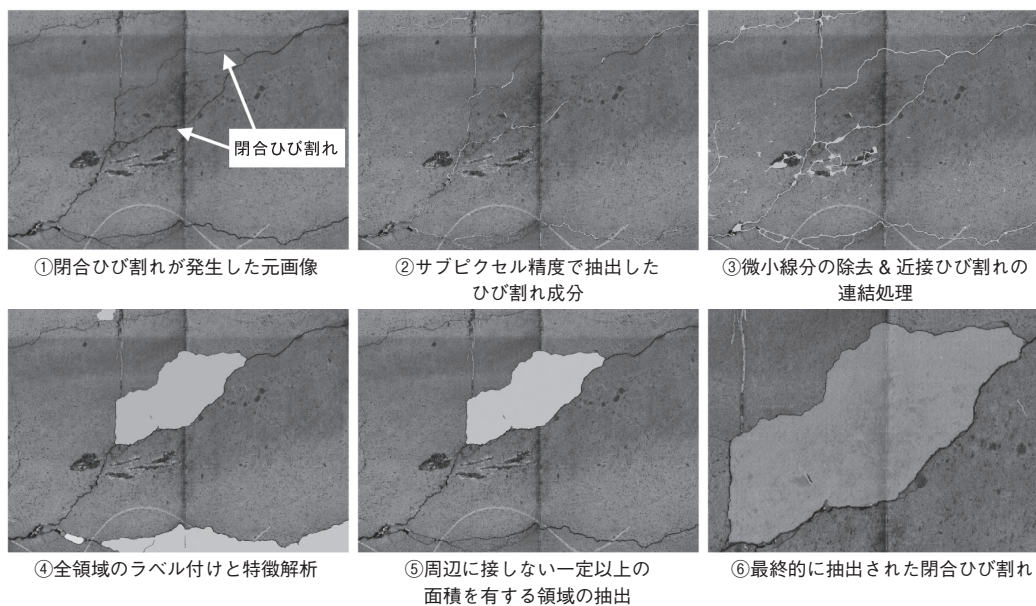
一般的な閉合ひび割れのサイズをカバーする面積だけオーバーラップするように分割した処理領域に対して、撮影解像度以上のサブピクセル精度でひび割れ成分を検出する。プロブ（領域）解析により、一定以下の面積の微粒子を除去し、かつ近接する線成分同士を連結する。次に全ての領域に対してラベル付けを行い、各領域の左上及び右下コーナの座標値を検定する。図一4に示す、領域左上コーナの列座標 column1、領域右下コーナの列座標 column2とも背景の [1, width] 以内にあり、かつ領域左上コーナの行座標 row1、領域右下コーナの行座標 row2とも [1, height] 以内にあれば、当該領域は閉合ひび割れであると判定する。図一5に示す画像処理プログラムを作成し性能を検証した結果、閉合ひび割れを精度よく検出できることを確認した（写真一7）。



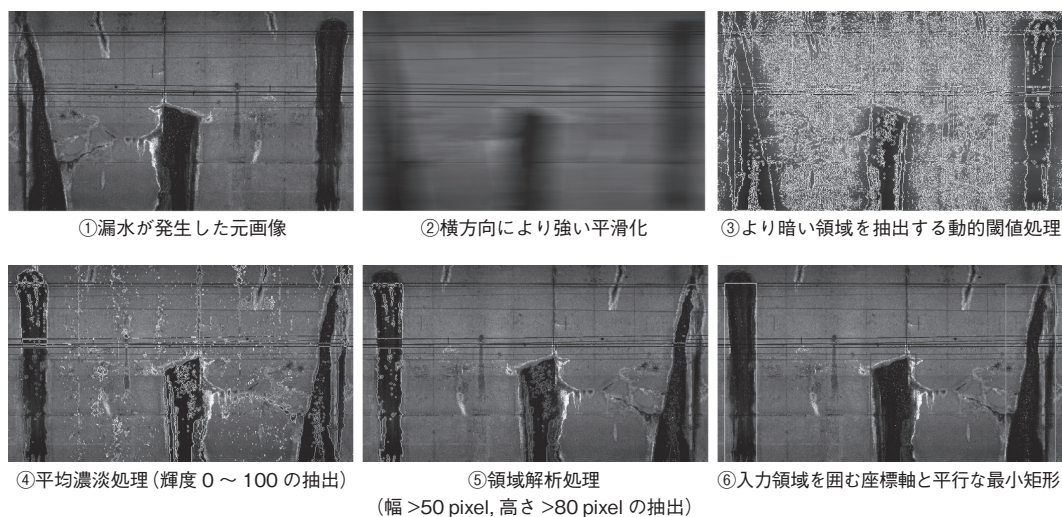
図一4 領域特徴解析における各座標



図一5 閉合ひび割れの検出処理フロー



写真—7 閉合ひび割れの検出処理結果

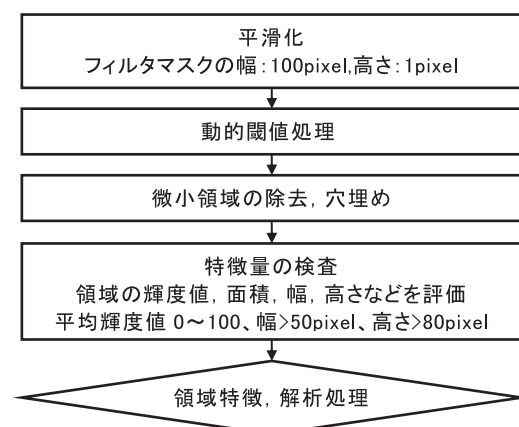


写真—8 漏水の検出処理結果

(4) 漏水の検出アルゴリズム

一般的な漏水は、ひび割れ等からしみ出た水が、壁面をつたって鉛直方向に流れ落ちる黒っぽい跡として確認される。この特徴に着目して、最初に横方向に強い平滑化をかけ、輝度むらや輝度変化の影響を受けにくい動的閾値処理で、背景に比べてより黒い領域を抽出する。次に小さなノイズを除去し、標準的な漏水の平均輝度値の範囲でかつ、一定の幅と高さを有する領域を抽出する。領域の穴埋め、周囲領域の連結処理を行い、最終的に当該領域を囲む座標軸と平行な最小矩形を漏水として検出する。処理フローを図—6に、処理結果を写真—8に示す。なお、本手法は漏水のみならず、全体的に白く粉をふいたようなエフロレセンス、鉄バクテリアなどの茶褐色の堆積物が付着した

領域、さらにはコールドジョイントの検出にも適用できる。

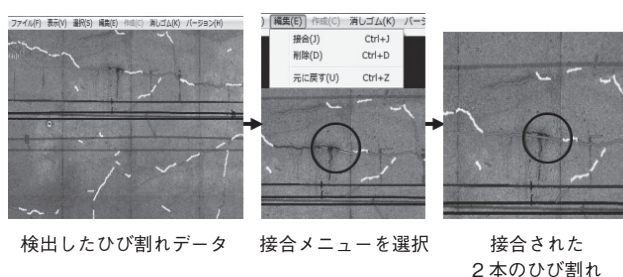


図—6 漏水の検出処理フロー

5. 対話型変状編集ツールの開発

実用的な検出結果を得ることを目的として、検出した変状に対して、接合や削除等の編集機能を有する変状編集ツールを開発した。例えばひび割れデータは、CSV形式の“ポリラインファイル”に保存されているので、これを適宜編集し更新保存する。画像ファイルとひび割れデータの表示レイヤを独立して管理しているので、画像ファイルのみ、ひび割れデータのみ、並びにオーバーレイ表示が可能である。

ひび割れの場合、主に使用するのは接合、削除、消しゴムである。接合に際しては3本以上の接合の状態は一意に決まらないため、2本選択時のみ接合可能とした。接合部分は最も近いひび割れ構成点同士とした。削除は、選択されたひび割れの構成点全て、もしくは一部を削除する。ひび割れの途中の構成点データが削除された場合は、残りのひび割れデータに新たなID番号を付与する。消しゴムは選択の有無に関係なく、なぞった領域を全てクリアする。接合・削除・消しゴムの各一操作分に対して、現在の処理を取り消し、一つ前の状態に戻すUndo機能を備えている。ひび割れ編集ツールの操作画面例を図一7に示す。



図一7 ひび割れ編集ツールの操作画面例

6. おわりに

ひび割れ等の変状を検出するうえでノイズとなる領域を補間する画像修復手法、トンネル健全度診断の重要な評価指標となるひび割れ、閉合ひび割れ、漏水の自動検出アルゴリズムを開発した。今回開発した手法

は、非接触的検査手法を用いたコンクリート欠陥診断システムの重要な要素技術の一つとして利用できるものと考えている。

トンネルスキャナーは2006年度から本格的な導入を開始し、2011年9月末現在12社23路線と、着実に撮影実績を伸ばしている。近接目視相当以上の撮影解像度(0.5 mm ~ 1.0 mm/画素)を有し、鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編 トンネル)⁶⁾によれば、通常全般検査における目視に代え得る手法の一つとして、トンネルスキャナーが挙げられており、鉄道事業者においても安心して導入いただいている。画像処理に関しては、汎用装置を使用していることから、導入コストを抑えながら、ITの技術革新の恩恵を利用できる、費用対効果の高いシステムとなっている。今後もさらなる実用性を備えたシステムへの機能向上を行い、実用導入の促進を図っていきたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 奥野昇：レーザー光線による覆工コンクリートのひび割れ調査法の高性能化，土木学会論文集，Vol.67, No.788, pp.195. 2005.3.
- 2) 幡旗敏行：方向サイズ可変フィルタを用いた下水道内面ひび割れ候補画素の検出，電気学会論文集 C, Vol.126, No.6, pp.744-751 2006.
- 3) Marcelo Bertalmio, et al.: "Image Inpainting," In Proc. SIGGRAPH 2000, July 2000, pp.417-424
- 4) 谷口慶治：画像処理工学 基礎編，応用編 共立出版.
- 5) 高木幹雄：画像解析ハンドブック，東京大学出版会.
- 6) (公財) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編 トンネル)，丸善，平成19年1月．

【筆者紹介】

鶴飼 正人 (うかい まさと)
(公財) 鉄道総合技術研究所
信号通信技術研究部 信号
主任研究員



下田 一也 (しもだ かずや)
(株)ジェイアール総研情報システム
技術推進本部 技術推進部



二次覆工一体型シールド切替型推進工法の開発

デュアルシールド工法

南 雲 重 孝・中 村 浩・小野塚 良 明

大都市部の下水道管渠事業は、ゲリラ豪雨や合流改善等により管路の再構築事業が盛んに実施されている。このような中、管路施工における選択枝は、推進工法 or シールド工法であったが、これを推進工法 and シールド工法にすることで「より良い工法ができるのではないか？」という発想により本工法は開発され、現在、9件の施工実績を積み上げた。今回、「さらなる工期の短縮とコスト縮減」を目指すとともに、本工法の多様化を図るため、二次覆工一体型シールド切替型推進工法を開発した。具体的には、RC 内面平滑型セグメント（被覆層 $t = 50 \text{ mm}$ ）を使用することにより、「工期・コストの縮減」を図った。本稿では、シールド切替型推進工法の概要と特徴を紹介するとともに、新たに開発した RC 内面平滑型セグメントおよびセグメント搬送システムについて報告する。

キーワード：シールド切替型推進工法、二次覆工一体型工法、デュアルシールド工法

1. はじめに

大都市部の下水道管渠の施工に当たり、非開削工法の果たしてきた役割は大きい。とりわけ推進工法やシールド工法の技術がなければ、現在の下水道管渠の普及はないものと想定される。

しかし、この両工法は掘進機等の機械・設備の仕様原理・原則は同じであるのに、どちらか一方の選択が常であり、両工法が両立するケースはなかった。

このため、推進工法とシールド工法を融合させた新たな発想のトンネル工法を開発し9件の実績を積み上げた。

今回、施工環境の多様化に対応すると共に地域住民の環境負荷の低減を目指し、「工期の短縮」に特化した二次覆工一体型を開発した。本稿では、シールド切替型推進工法の概要と特徴を紹介するとともに、新たに開発した RC 内面平滑型セグメントおよびセグメント搬送システムについて報告する。

2. シールド切替型推進工法

(1) 概要

「推進工法」の利点である簡便性・経済性を取り入れるとともに「シールド工法」の施工の確実性・信頼性を担保した工法であり、両工法の利点を最大限に活用し、全体コストと工期を大幅に縮減した工法である。

具体的な施工方法は、事前に掘削機内部にセグメントとアダプターリング（セグメントと推進管の接続リング）を設置し、その後方に推進管を設置する。この状態で推進工法と同様に元押しジャッキによって掘進機を所定の切替位置まで掘進させる。

その後、シールド工法と同様に掘進機内部に設置されたシールドジャッキを用いて掘進させ、セグメントを継ぎ足して掘進を続行させる工法である（施工手順参照）。



写真—1 推進工法とシールド工法の切替状況

(2) 施工手順

① シールド切替型用掘進機を掘進



② 推進工法による施工



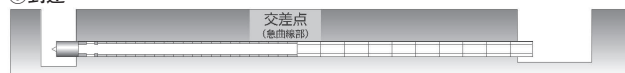
③ 掘進施工完了



④ シールド工法による施工 (セグメント設置+シールドジャッキで掘進)



⑤ 到達



⑥ 完了 (掘進機、ジャッキ筒を回収)



(3) 型式

セグメントの材質によって、「従来型」と「二次覆工一体型」の二つの型式に分けている。

① 従来型 (一次覆工+二次覆工型)

従来型は、一次覆工に鋼製セグメントを使用し、到達後二次覆工を施工する二工程方式である。二次覆工には表面被覆工法を用いて仕上げる。

② 二次覆工一体型

二次覆工一体型は被覆層 50 mm、本体構造層 125 mm の RC セグメントを使用し、完全内面平滑型で仕上げるタイプであり、二次覆工を必要としない一工程方式である。このため、工期の短縮が図れる。

(4) 特徴

本工法の最大の特徴は、前述したように「推進工法」と「シールド工法」を融合させた点である。

・具体的な特徴

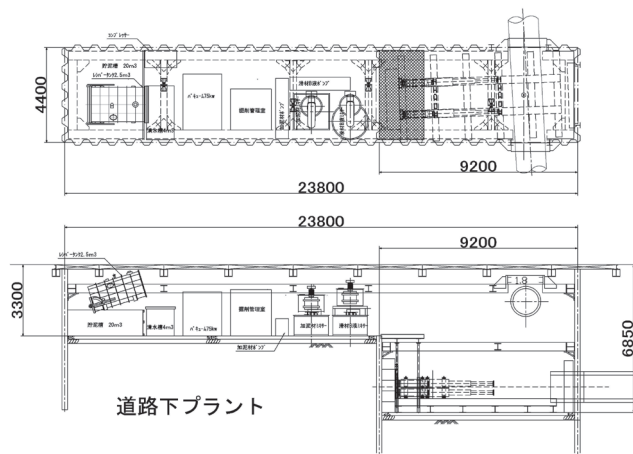
① 急曲線・長距離施工が可能

曲線半径 $R = 10 \text{ m}$ までの急曲線施工への対応が可能であると同時に、超長距離施工への対応も可能である。

② 発進設備 (プラント・立坑設備) の簡素化

プラント・立坑設備に関しては、下記の 3 タイプがあり、現場環境への多様化が図れる。

- ・定置式プラント
- ・車上式プラント



図一 道路下式プラント図

・道路下式プラント

③ 経済性の優位性 (シールド工法との比較)

「推進区間」では、推進管を使用するため「セグメント」に比較して安価である。従って、推進区間延長が長くなるほど経済性で優位となる。

④ 二次覆工一体型による工期の短縮

完全内面平滑型の二次覆工一体型 RC セグメントを使用することで、二次覆工を必要としないため、工期の大幅な短縮が図れる。

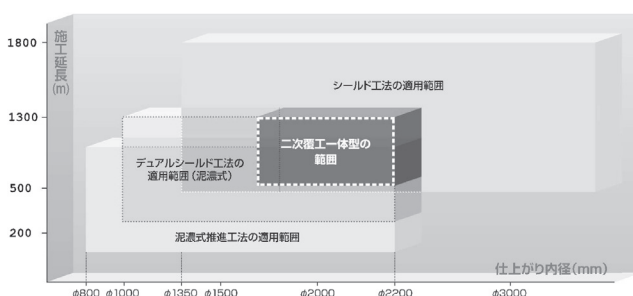
(5) 適用範囲

・仕上内径: $\Phi 1000 \sim \Phi 2200 \text{ mm}$

(二次覆工一体型は $\Phi 1650 \text{ mm}$ 以上)

・施工延長: $L = 1300 \text{ m}$ 程度まで

(上記は要検討とする)



図二 適用範囲 (延長と仕上内径の関係)

3. 二次覆工一体型の開発における課題と解決策

この開発に当たって、以下の二点の課題を解消する必要があった。

【課題】

① 掘進機テール (エレクタ注①) 後方部の空間確保

セグメント組立は、掘進機テール (エレクタ部) で

行われるが、その際、セグメントは搬入時方向から90度回転させる必要があり、このための回転空間と吊りしろの確保が困難である。(仕上内径φ1650mm程度想定した場合)

②後方設備(注②)とセグメントの「すれ違い」空間確保

後方設備は掘進機と一緒に進むため、掘進機の後方に常時設置される。このため、セグメントの搬入時は、設備と「すれ違う」空間の確保が必要となるが、その空間確保が困難である。

注①：エレクタ

セグメントの組立装置の名称。掘進機のテール部に設置されており、ここまでセグメントを搬送する必要がある。

注②：後方設備

掘進機の駆動操作に必要な設備(油圧ポンプ等)をエレクタの後方に台車を設置し、その上に乗せ、掘進機と一緒に進む装置。セグメントはエレクタまで搬送するため、この装置と「すれ違う」必要がある。一般的には軌条を複線とする。

【解決策(a)】掘進機テール後方部空間確保の解決策

○セグメントの搬送方向と設置高さの変更

搬送方向は、セグメントの長辺部を掘進方向と直角(セグメント組立の際、90度回転する必要のない方向)とし、設置高さは、坑内配管(排泥管、電線等)に支障とならず、同時に非常時には避難路として使用できる高さを設定した。このため、セグメント搬送は1ピース、1台車とした。

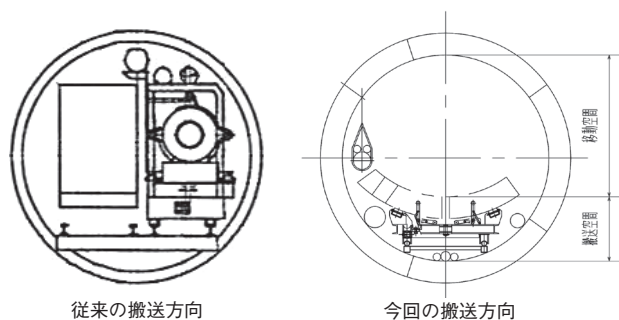


図-3 セグメント搬送方向図

○搬送システムの開発(図-4参照)

搬送時の高さは上記の条件で設定され、組立時の高さは、エレクタのアームによって設定させる。

このため、両者の設置高さに相違が生じる。この高低差解決策としてコンベア台車とセグメント搬送台車の間にリフト台車を設置し、コンベア台車およびリフト台車に勾配を設けることでエレクタ把持部とセグメントの高低差を解消した。

[構成]

搬送システムは下記の部分より構成されている。

名 称	台 数
電機軌条車	1台
セグメント搬送台車	5台
リフト台車	1台
コンベア台車	4台
脱着式補助コンベア	1台

[施工手順]

- ①発進立坑内でセグメント搬送台車にセグメント1リング分(5ピース)を各台車に乗せる。
- ②電機軌条車によりセグメント搬送台車(5台)を搬送し、リフト台車に近接させる。
- ③電機軌条車の運転手がセグメント搬送台車まで移動し、最先端のセグメントを手動にてリフト台車に移動する。
- ④セグメント移動完了後、リフトを昇降させコンベア台車と同じ高さまで下ろす。
- ⑤手動にてリフト台車からコンベア台車へとセグメントを移動する。
- ⑥この作業の繰り返しにより1リング分(5ピース)をコンベア台車に移動する。
- ⑦電機軌条車およびセグメント搬送台車は発進立坑に戻り、新たなセグメントを積み込む。
- ⑧コンベア台車上のセグメントは切羽側の作業員によって、1ピースずつ脱着式補助コンベア上に移動されエレクタにより組み立てられる。

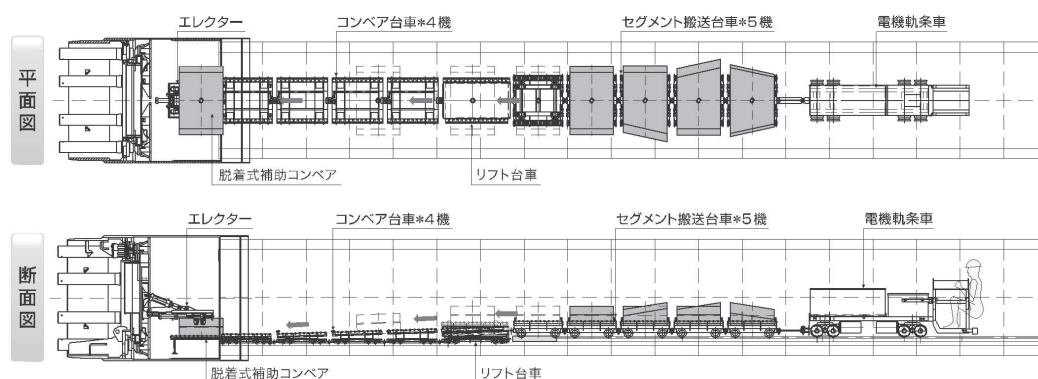
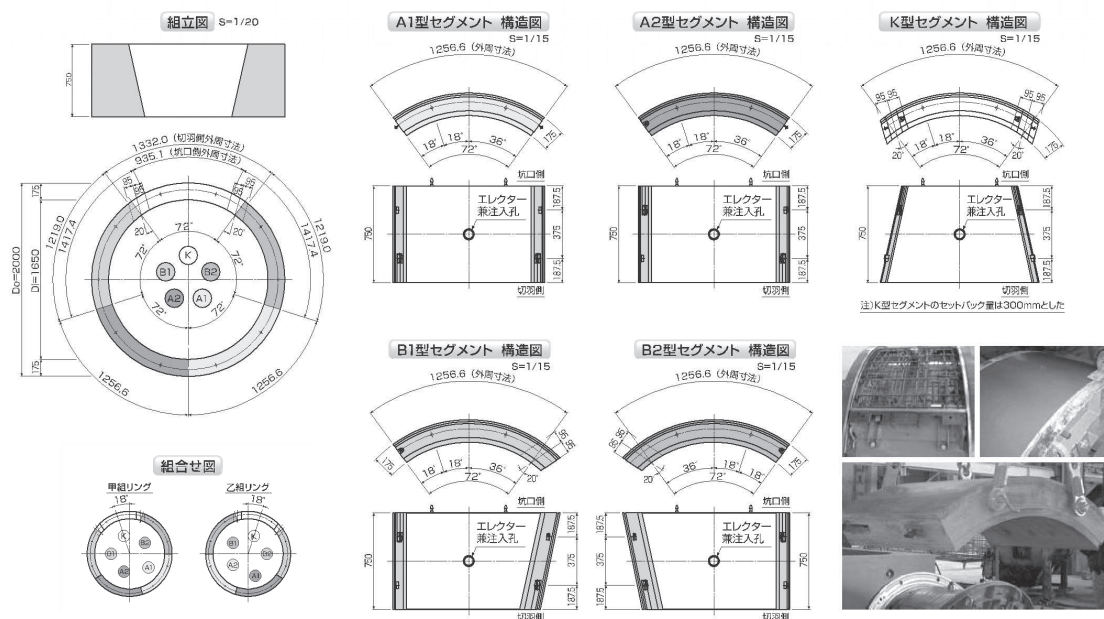


図-4 セグメント搬送システム全体図



図—5 セグメント図



写真—2 セグメント組立状況

○セグメントの開発 (図—5 参照)

[構造]

- ・ RC 構造 (被覆層 50 mm, 本体構造 125 mm)
- ・ 内面平滑型
- ・ 継ぎ手構造は剛継ぎ手
(リング間はプッシュグリップ, ピース間はスライド式コッター)
- ・ 均等 5 分割方式

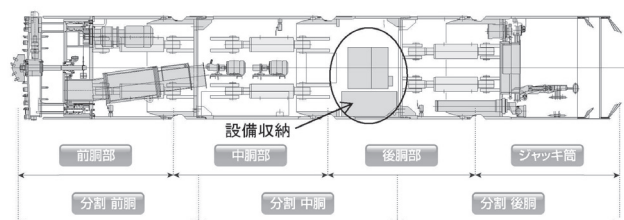
なお, 以上は「トンネル標準示方書 (シールド工法編)・同解説」(土木学会) および「下水道シールド工事用二次覆工一体型セグメント設計・施工指針」(東京都下水道局編集) の基準に準拠している。

【解決策 (b)】 後方設備とセグメントの「すれ違い」空間確保の解決策

シールド切替型推進工法用掘進機は, 「前胴部」「中胴部」「後胴部」および「ジャッキ筒」により構成され, 「3 胴 3 折れ」タイプとなり約 10 m の機長である。こ



図—6 シールド切替型掘進機



図—7 掘進機図

れは, 「後胴部」に後方設備を収納し, エレクター後方の設備をなくして, 上記の課題を解決するためである。

4. 二次覆工一体型施工の利点

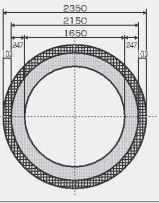
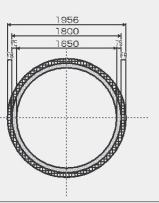
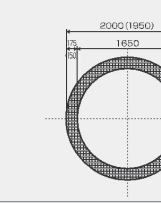
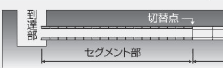
表—1 に「従来型シールド工法 (一次覆工 + 二次覆工)」と「本工法」を比較した。

【総合評価】

二次覆工一体型にすることにより 1 工程省略でき格段の工期短縮となると同時に, 掘削断面の縮小や 1 工程省略したことによるコスト縮減が可能となる。

また, 作業環境面では, 二次覆工が省略できることで, 狭隘な坑内での苦渋作業の省略にもつながり, 非常に大きな作業環境改善となる。

表－1 比較表

		1. 従来型シールド工法 (一次覆工+二次覆工)	2. シールド切替型推進工法(従来型) (一次覆工+内面被覆工法)	3. シールド切替型推進工法(二次覆工一体型) (RCセグメント・被覆層50mm)
【概要図】	【施工条件等】			
		外径：2350mm 大きい	外径：1956mm 小さい	外径：2000(1950)mm 中位
				
		【日進量】 シールド日進量 =8.4m/16H 普通	【シールド+推進】シールド工法より推進工法の方が日進量が多いため併用することで施工期間が短縮 推進日進量=9.2m/16H シールド日進量=8.4m/16H 推進分大きい	
【コスト面】	【総合評価】	【プラント用地】 700㎡ 大きい	400㎡ 小さい	500㎡ 中位
		【材料費】 (セグメント+二次覆工) —	③RCセグメントとの比較 やや高価	②スチールセグメント+内面被覆との比較 安価
		【二次覆工】 従来型の二次覆工のため施工期間が長い(全区間現場打ち) 時間が掛る	二次覆工はセグメント部のみ(推進管部ナシ) 内面被覆工法のため従来工法より早い(半工場生産) 中位	全区間二次覆工ナシ(推進管+RCセグメント 二次覆工一体型) ②に対し工程省略 早い
		【コスト面】 —	①従来型シールド工法と比較) 推進を併用するため、掘削断面の縮小、日進量の差・管材費の差等の分安価となる。また、プラント設備面では移動式等を併用することで利便性が向上	②シールド切替型推進工法(従来型と比較) ②のコスト面での弱点である内面被覆仕様をRCセグメント(二次覆工一体型)仕様にする事でコスト縮減が図れる。
【施工期間】	【評価】	—	推進管部は二次覆工を省略でき、シールド部は内面被覆を使用することで工期短縮が図れる。	シールド部をRCセグメント(二次覆工一体型)仕様にする事で工程省略
		—	○	◎

5. 施工実績

番号	件名	発注者	仕上内径	延長 最少曲線
①	谷川幹線その15工事	東京都下水道局	φ1800	277.4m R=12
②	豊島区西ヶ原再構築	東京都下水道局	φ1650	402.3m R=10
③	豊島区駒込四再構築	東京都下水道局	φ1350	745.1m R=12
④	足立区千住再構築	東京都下水道局	φ1100	627.2m R=10
⑤	豊島区南池袋再構築	東京都下水道局	φ1350	684.9m R=10
⑥	豊島区駒込五再構築	東京都下水道局	φ1100	894.6m R=13
⑦	雨水貯留取水工事	東京都下水道局	φ1500	176.3m R=10
⑧	荒川区南千住再構築	東京都下水道局	φ1350	252.8m R=12
⑨	北区中十条二再構築	東京都下水道局	φ1100	667.4m R=12

6. おわりに

本工法は推進工法とシールド工法を融合させた非開削の管路構築工法であり、両者の利点を最大限に取り入れることで、全体コストの縮減・工期短縮を可能とした新たな発想のシールド工法であり、「デュアルシールド工法」と登録した。本工法は開発されて日も浅く、なお一層の工法技術の向上および研究開発に努めているところである。本工法は平成16年3月に工法協会を発足させ、工法の普及活動を行った結果、現在東京都下水道局管内において9件、5000mの施工実績がある。

また、平成23年5月に神奈川県厚木市で行った二次覆工一体型のセグメント組立公開実験に際して、発

注者、設計コンサルタント等多数ご参加いただいたことに対してこの誌面を借りてお礼を申し上げます。

今後、社会のニーズを踏まえ住民環境への負荷の少ない工法を目指し、開発研究に努める所存である。

JICMA

【参考文献】

- 1) 土木学会：トンネル標準示方書「シールド工法編」・同解説
- 2) 東京都下水道サービス(株)：下水道シールド工事用二次覆工一体型セグメント設計・施工指針
- 3) (社)日本下水道協会：シールド工事用標準セグメント(下水道シールド工事用セグメント)
- 4) (社)日本下水道協会：下水道用設計積算要領(管路施設推進工法編)

【筆者紹介】

南雲 重孝(なぐも しげたか)
デュアルシールド工法協会
会長



中村 浩(なかむら ひろし)
デュアルシールド工法協会
事務局長



小野塚 良明(おのづか よしあき)
デュアルシールド工法協会
事務局



大口径シールド機による急曲線施工

田 辺 和 也・原 秀 平

本工事は、東京都品川区を流れる立会川下流域を発進立坑とし、勝島ポンプ所までの約 980 m の区間をシールド径 10.3 m の泥水式シールド工法により管渠を築造するものである。路線線形には、曲線半径が 30 m の急曲線施工区間が 4 箇所も含まれており、到達直前には曲線半径 30 m の S 字曲線が存在する。さらに S 字曲線区間においては、重要構造物である首都高速道路橋脚基礎との離隔が 2 m 程度の近接施工となっている。そのため、近接構造物への影響を最小限に抑えるとともに、急曲線施工に伴う余掘り量の増加による周辺地山の緩み防止とシールド掘進反力の確保が求められた。急曲線施工対策を講じることでより良好な結果を得たので報告する。

キーワード：大口径シールドトンネル，急曲線，余掘り充填材，袋付きセグメント，近接施工

1. はじめに

近年、1 時間に雨量 50 mm を越える急激な集中豪雨が 발생し、都市において深刻な浸水被害が発生している。高度な都市機能を浸水被害から守るため、河川管理者、下水道管理者、地方公共団体等が一体となり、水害対策に取り組んでいる。東京都品川区を流れる立会川流域においても例外ではなく、集中豪雨による立会川の氾濫被害軽減を図るため下水道の整備を進めている。本工事は、東京都下水道局から受託した日本下水道事業団発注の東京都勝島ポンプ所流入管渠工事である。立会川・勝島運河の合流部を発進立坑として勝島ポンプ所までの約 980 m の区間をシールド径 10.3 m の泥水式シールド工法により築造するものである。

2. 概要

(1) 工事概要

品川区を流れる立会川流域の「浸水対策」と「勝島運河の水質改善」を目的とし、「第二立会川幹線」及び「浜川幹線」の 2 つの雨水幹線で収容した雨水を勝島ポンプ所に送るトンネルを築造するものである。路線概要としては、発進直後に曲線半径 $R=80$ m の曲線があり、その後曲線半径 $R=30$ m の急曲線を曲がり到達直前において $R=30$ m (3 ヶ所) の S 字急曲線となっている (図-1)。

工 事 名：東京都勝島ポンプ所流入管渠工事

企 業 者：東京都下水道局

発 注 者：日本下水道事業団

工事場所：東京都品川区勝島 1 丁目，2 丁目

工 期：平成 20 年 3 月 27 日～平成 26 年 3 月 14 日

工事内容：泥水式シールド ϕ 10.30 m

セグメント外径 ϕ 10.10 m

(急曲線区間は ϕ 10.06 m 縮径 ST セグメント)

線路延長 $L=990.95$ m

曲線半径： $R=30$ m $\times$ 4 箇所

$R=80$ m $\times$ 1 箇所， $R=300$ m $\times$ 1 箇所

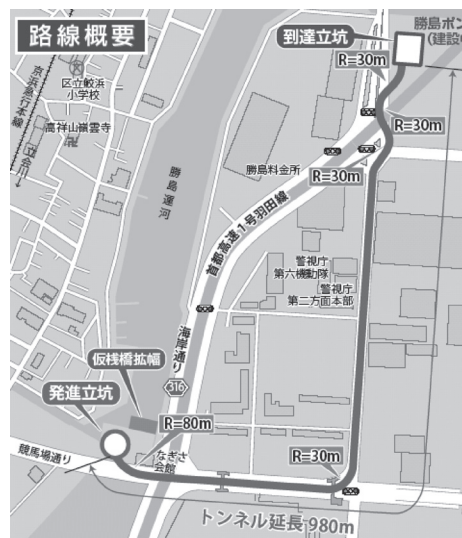
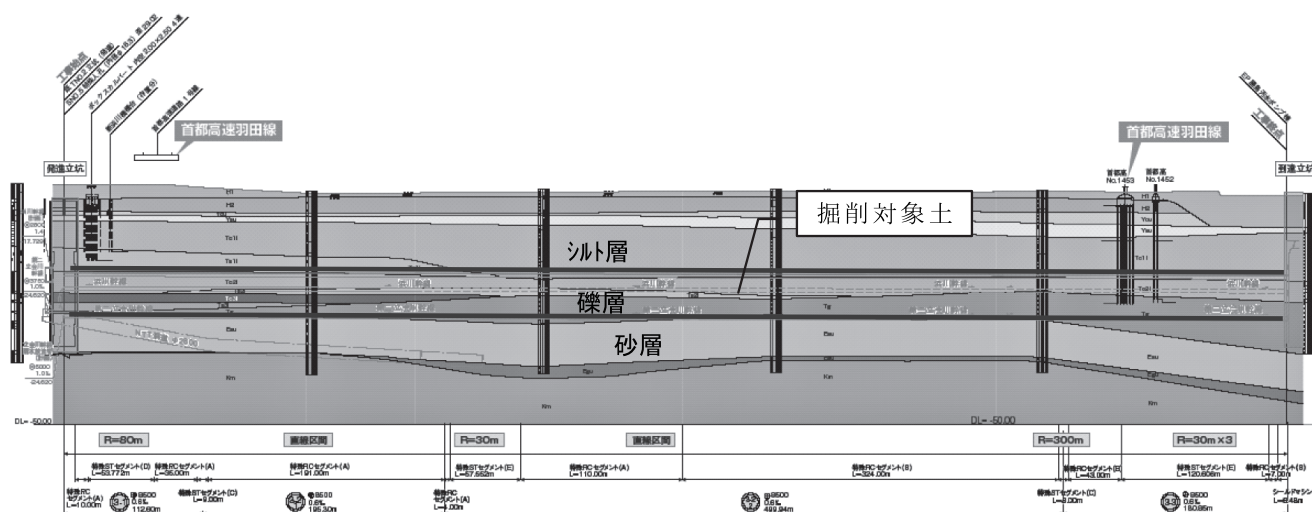


図-1 路線平面図



図ー2 土質縦断面図

(2) 地質概要

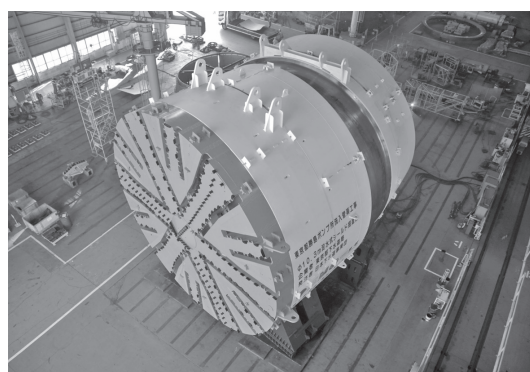
図ー2に本工事の掘削対象土質を示す。シールドの土被りは全般にわたり約20m程度であり、地下水位は地表より3m程度である。また掘削対象土質は、大きく分けて上半部がシルト・粘土を主体とする地層であり、N値が10～20程度である。下半部は砂礫を主体とする地層であり、N値が50以上もある硬質地盤である。

3. 急曲線施工対策

急曲線対策として、以下に示す「泥水式シールド機の対策」、「セグメントの対策」、「余掘り充填材の採用」、「袋付きセグメントの採用」等の物理的な対策に加え、首都高速橋脚変状計測および地中変位計測を実施した。

(1) 泥水式シールド機

急曲線施工に伴う余掘り量の低減を図るため、板厚160mm大型中折れ球面を採用し、最大で左右11.5度屈曲可能な中折れ機構を装備し、中折れ時、シールド機構成機器が干渉しないようシールド機の中心寄りに配置した。さらに余掘り量と回転抵抗を低減させるため、シールド機長をできるだけ短くし、外径と機長とが1:1となるようにした(写真ー1)。テールシールについては、急曲線施工に伴い大きな変形、損傷を伴うとともにテール部でのセグメントとのクリアランスが一定とならず、偏る傾向にあるため、耐久性、耐圧性、追従性に優れたシリコンシールを使用したテールブラシを採用した。



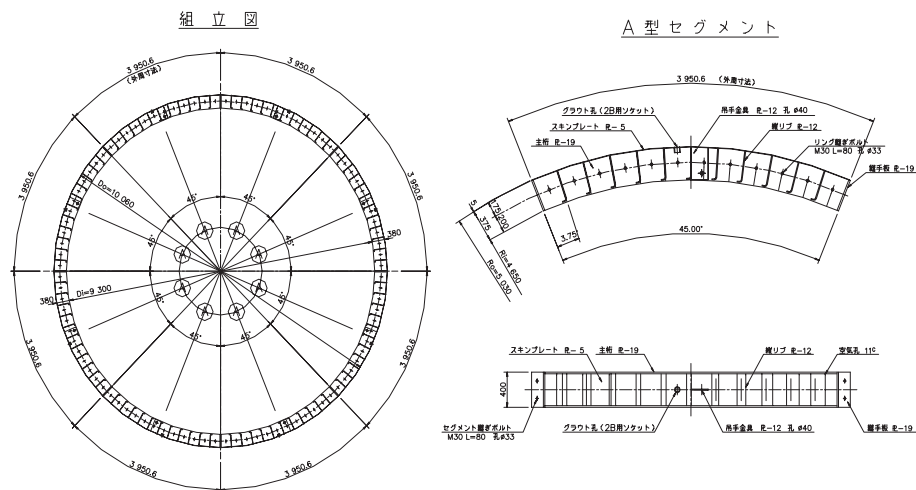
写真ー1 シールド機中折れ状況

(2) セグメント

直線区間のセグメントは、外径 ϕ 10.1 m、幅1.0 m、厚さ0.4 mのRCセグメントを採用した。これに対し、急曲線区間ではテールクリアランスを確保するため、セグメント幅を0.4 mに縮幅し、外径を40 mm縮径した ϕ 10.06 mの鋼製セグメントを採用した。さらにテールクリアランスが偏った場合を想定して、Kセグメントを用いずに全てAピース構成した等分割のセグメントを採用した。その結果、1リング内の最終組立位置が拘束されることがないため、テールクリアランスがある場所での組立が可能となった(図ー3)。

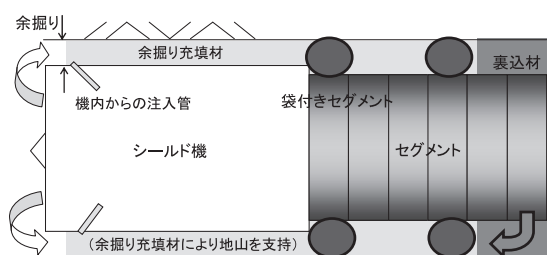
(3) 余掘り充填材

スキンプレート外周で急曲線施工に伴う余掘り部(余掘り量161 mm)の地山に全て泥水圧で対抗させることは、泥水の逸水等もあり困難である。そのため、シールド機側面から余掘り充填材を注入することにより早期に地盤変形を抑制させる必要がある。そこで、粘土系の加泥材としても使用されている2液混合型の高粘性な塑性流動性ゲル化材を余掘り充填材として注



図—3 急曲線用鋼製セグメント構造図

入ることにより、地山を保持することとした。以下に余掘り充填材施工イメージ図，試験施工により得られた余掘り充填材の性状およびゲル化した写真を示す（図—4，写真—2，表—1）。



図—4 余掘り充填材施工イメージ図



写真—2 ゲル化した余掘り充填材

表—1 余掘り充填材の性状

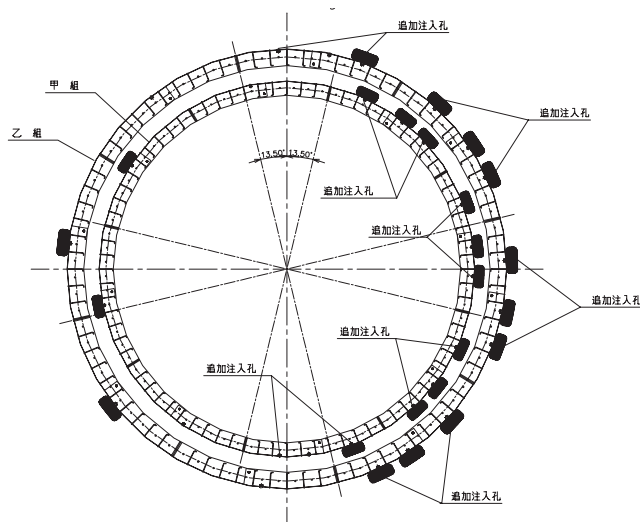
試験項目	測定値	規格値
ゲルタイム	4.5秒	—
粘度(混合後)	300 dPa・s	300～500 dPa・s

(4) 袋付きセグメント

急曲線部においては、シールドジャッキ推力により直線部及び緩和曲線部に比べて、トンネル軸方向に生じる曲げモーメントが大きくなり、曲線法線方向への

分力が卓越するようになる。そこで、セグメントの変位を最小限に抑え、周辺地盤への影響を最小限に抑えるためには、セグメントと地山との早期一体化が必要である。しかしながら、早期にテールボイドを裏込注入により充填する必要がある一方で、シールド機テールにより近い箇所での裏込注入は、裏込注入材の切羽または余掘り部分への回り込みを発生させて必要な余掘り量を確保できなくなるという危険がある。さらに余掘り量が大きい場合、裏込注入材が切羽または余掘り部分へ回り込み易い。

そこで、裏込注入材の切羽または余掘り部分への回り込みを防止し、セグメントと地山との早期一体化を図るため、袋付きセグメントを採用した。今回使用した袋付きセグメントは、セグメント製造時の特殊な加工が不要であり、異形、標準タイプといったセグメント種別に関わらず装備できるものを採用した。以下に袋付セグメント配置図，膨張試験状況，袋付きセグメント諸元を示す（図—5，写真—3，表—2）。



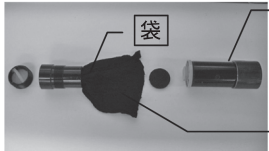
図—5 袋付きセグメント配置図



写真—3 膨張試験状況

表—2 袋付きセグメント諸元

膨張した袋	直径φ600mm 有効高さH150mm
筒の長さ	L=157mm
筒の直径	φ70mm



取付時状態

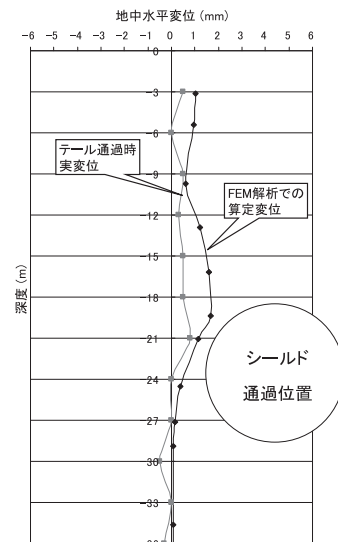
膨張時状態

4. 計測結果

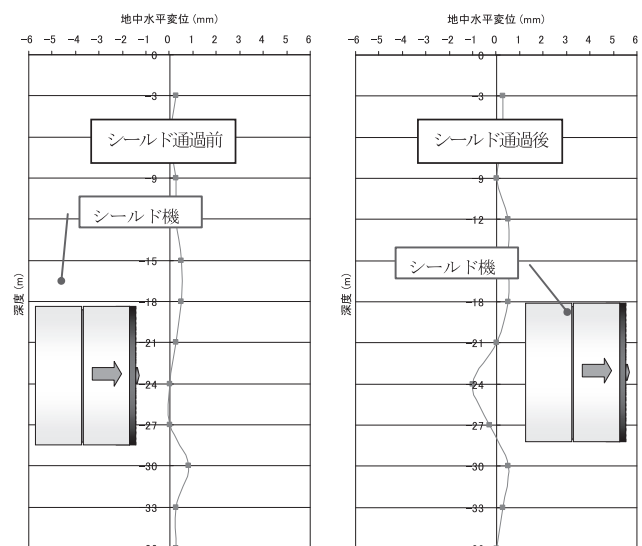
S字急曲線部では、シールド通過に伴う首都高速橋脚の変状、周辺地盤の変状、間隙水圧の変動及びセグメントの変状を把握するため、「首都高速道路に近接する構造物の施工指導要領書」に従い、計測機器の設置を行った。さらにトライアル計測として、1回目の急曲線部において多段式傾斜計、間隙水圧計、鋼製セグメントにひずみ計を設置した。これらの計測結果をもとに逆解析を行い、有限要素法による事前の数値シミュレーション結果の妥当性を検証した。さらにトライアル計測結果をS字急曲線部にフィードバックさせることで、首都高速橋脚基礎への影響および周辺地山への影響を最小限に抑える掘進管理を実施した。

(1) 地中水平変位計測結果

図—6に示した変位分布図は、計測された地中変位分布図に有限要素法により解析を実施した結果を重ね合わせた1例である。この結果より応力解放率は、1.8%～8.5%であった。当初、急曲線施工に伴う余掘量の増大を考慮して応力解放率35%と想定していたが、「余掘り充填材」「袋付きセグメント」の採用により応力解放率が低減できることが解る。図—7にシールド路線縦断方向について、シールド通過前と通過後の変位分布図を示す。シールド通過後にテール方向にわずかに挙動している程度に変位が留められている事



図—6 S字急曲線部における実測値と数値解析結果との比較



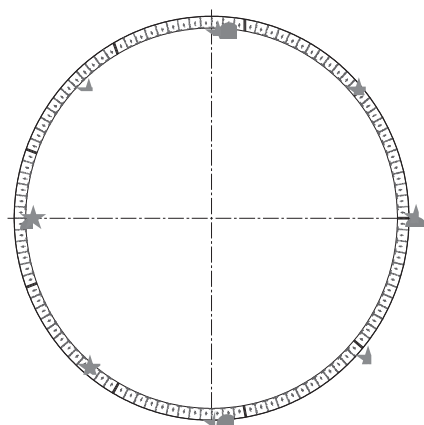
図—7 シールド通過前後における地中変位

がわかる。

(2) セグメントひずみ計測結果

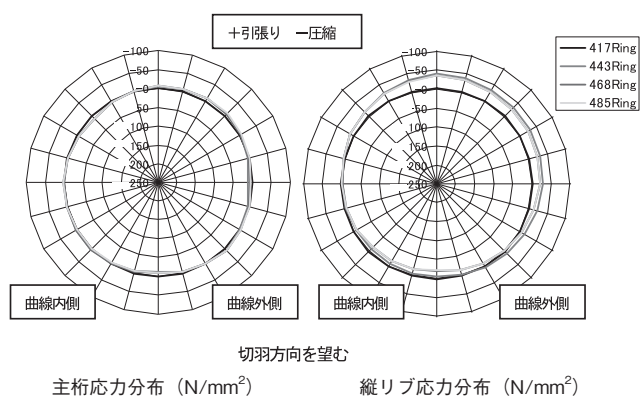
トライアル計測部および到達側S字急曲線区間においてセグメントのひずみ計測を行った。図—8に計測器設置位置断面図を示す。図—9にセグメントひずみ計測リング平面図および主桁応力（円周方向の応力）分布、縦リブ応力（縦断方向の応力）分布グラフを示す。

急曲線施工に伴うシールドジャッキ選択の偏りにより、曲線内側よりも曲線外側のセグメントにジャッキ推力が大きく載荷されていることがわかる。しかし、余掘り充填材、袋付きセグメントの効果により、セグメントが曲線外側に変位することはなかった。



★: 主桁ひずみ計（内縁側，外縁側） 16 測点
●: 縦リブひずみ計（トンネル軸方向）8 測点

図—8 ひずみ計設置位置図



図—9 セグメント応力分布図

5. おわりに

大口径かつ急曲線施工によるトンネル周辺地盤や近接構造物への影響を最小限に抑えることを主眼において，対策を実施した結果，周辺地盤や近接構造物へ影響を与えることなく施工を行うことができた。さらにシールドの平面蛇行及び鉛直蛇行に関しても大きく変位することなく，許容値以内に収めることができた。

最後に，本工事において多大なご指導ご鞭撻を頂いた日本下水道事業団関東・北陸総合事務所の皆様に，ここに深く感謝の意を表す次第である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 日経コンストラクション 2010.11.26 号
- 2) 第 67 回施工体験論文発表会 日本トンネル技術協会
- 3) シールド掘削における地盤変状予測 土木技術資料 43-3 (2001)

〔筆者紹介〕

田辺 和也（たなべ かずなり）
前田建設工業(株)
東京支店 立会川作業所
機電課長



原 秀平（はら しゅうへい）
前田建設工業(株)
東京支店 立会川作業所
機電主任



非円形断面シールドトンネル用セグメント組立装置 ラック&ピニオン駆動モノレール式セグメント組立装置の開発

栗 生 暢 雄・杉 山 雅 彦

都市部の地下での道路や鉄道の建設で既設インフラや地下構造物との干渉の回避並びに工事中の環境負荷の低減等のため、完成構造物の断面形状に近い矩形や楕円形のような非円形断面トンネルの採用事例が増えている。しかしながら、非円形断面のセグメントは円形断面のセグメントと比べて、その形状や重量がセグメントのピース毎に大きく異なるため、取り扱いが困難である。

この問題を解決する手段としてラック&ピニオン機構を用いたモノレール式セグメント組立装置の開発を行った。本論では開発したセグメント組立装置の実物大の矩形セグメントを用いた実証実験結果と、組立装置の有用性について報告する。

キーワード：非円形断面，セグメント組立装置，ラック&ピニオン

1. セグメント組立装置の要求仕様

2車線の矩形道路トンネル用セグメントの組立を想定する。セグメント組立装置はこの矩形トンネル断面形状に沿うようなモノレールを構築し、当該モノレール上を走行する。

このモノレール式セグメント組立装置に求められる要求仕様を次に検討する。

周方向に隣り合うピース間を繋ぐコッタとトンネル軸方向に隣り合うリング間を繋ぐピンブッシュを挿入する締結方法が、セグメント組立作業時間短縮と品質確保の上で求められている。そのため、従来のボルトナットにより接合するセグメント組立装置に求められるよりも、高精度の位置決めを行う必要がある。図1にセグメント構造を示す。矩形断面セグメントの特

徴として、隅部ピースはL形状となる。

この様なセグメントを所定の位置に組み立てるにあたり、考えられる問題点は下記の通りである。

第一にレール上を組立装置が走行するとその位置によってレールの曲率が変わることが挙げられる。そのため、走行動作のみでセグメントの位置合わせはできない。第二に下隅部L字型セグメントを組み立てた後に、スプリングラインより上方のセグメントを所定の位置まで移動通過させなければならないことが挙げられる。すなわち、下部から順にセグメントの組立が進むと、セグメントの走行通過可能空間が狭くなることになり、単純な走行動作だけでは組み立てたセグメントを回避できない。また、より多くの工事に適用するためには、掘削土搬出設備を自由に選定できるよう有効内空間をできるだけ大きくする必要がある。

これらの問題点および課題の解決のために必要と考えた設計方針を下記に示す。

- ①ラック&ピニオン式の駆動とすることにより、垂直方向の力を増し、最大100 kNの荷重を扱う。
 - ②有効内空間をできるだけ大きくするため非円形断面のトンネル形状に沿ったレール形状とする。
 - ③周方向の位置決めの精度確保ができる駆動部、把持装置とする。
 - ④リングガータ部に安全ジャッキを装備し組立装置の走行に連動して伸縮させ、不慮の停電等による組立装置の落下・逸走に対しての安全装置とする。
- 上記方針に従い、実機を製作しその性能を実験にて

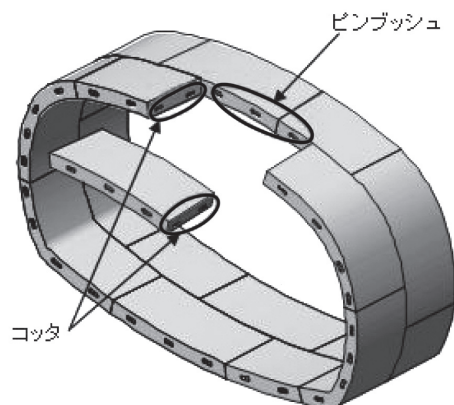
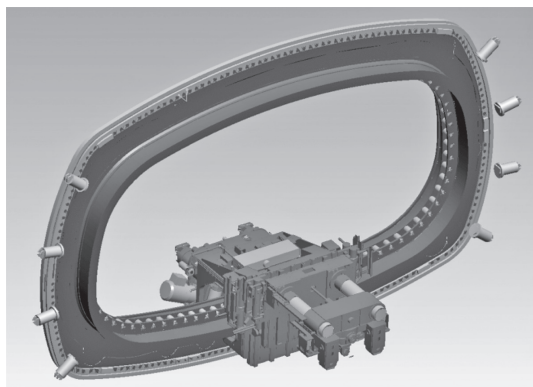


図1 矩形セグメント構造

確認した。セグメント組立装置の概要と性能確認実験結果を次章より示す。

2. ラック＆ピニオン駆動モノレール式セグメント組立装置の概要

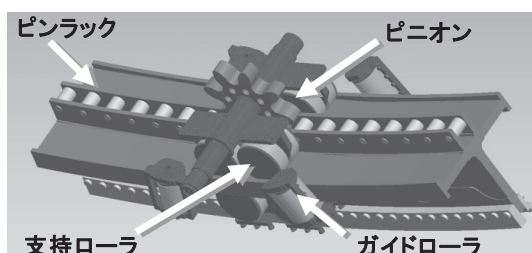
図一2に今回製作したラック＆ピニオン駆動モノレール式セグメント組立装置（以下、本セグメント組立装置と記す。）の概要図を示す。



図一2 セグメント組立装置概要図

本セグメント組立装置は、円形セグメント用のリングギア式組立装置とは異なり、シールド機ガータ部内周にレールを設置し、そのレール上を走行する装置がセグメントを把持し、所定の位置までハンドリングし、組み立てるものである。

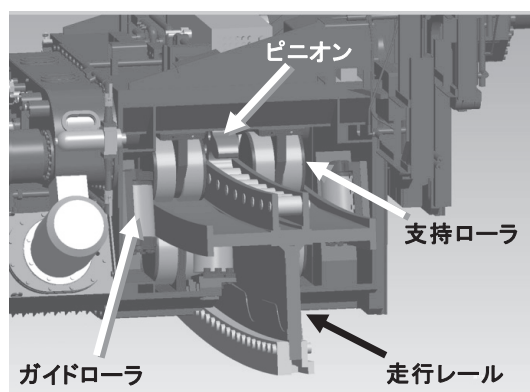
走行駆動部の詳細を図一3に示す。



図一3 走行駆動部詳細

走行駆動部は、T字断面形状のレールを支持ローラで挟み込み支持し、レール内側に取り付けられたピンラックと噛み合うピニオンを回転駆動させることにより、走行する。また、ガイドローラをT字レールのフランジ両端とウェブの両側に装備する。

図一4に組立装置断面図を示す。上記ローラとピニオンはボックス型の構造体に取り付けられ、このボックスにはピニオンを駆動する減速機および油圧モータ並びに油圧力を発生させるパワーユニットを搭載している。



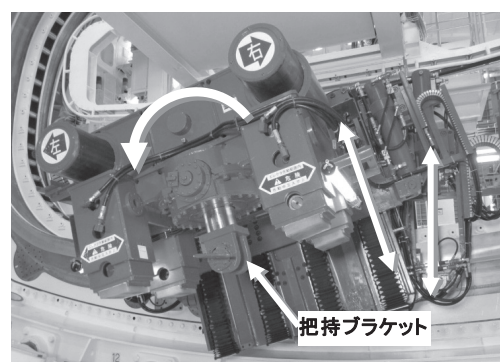
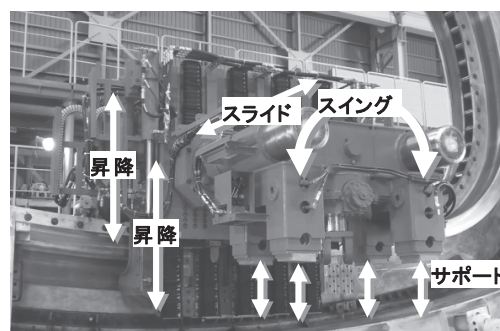
図一4 組立装置断面

図一5はセグメント組立時の動作を示している。

昇降・スイング機構部は、セグメントを組み立てるためにトンネル半径方向に昇降させるとともに、トンネル軸方向に対し $\pm 15^\circ$ スイングさせるものである。シールド機の掘削土搬出設備との干渉を考慮し、また、全体の高さを抑えるために、2組の油圧ジャッキの伸縮によって2段階に昇降する機構とした。

セグメント把持部はセグメントをトンネル軸方向にスライドさせると共にセグメントを把持するブラケットを設け、把持したセグメントの姿勢を固定させるものである。

セグメントの把持は把持部の把持ブラケットとセグメント吊り金具のピン穴へピンを挿入固定することにより連結する。また、セグメントのローリングおよびピッチングの姿勢制御は把持ブラケット中心に対角に配置した4本の油圧ジャッキを伸ばすことにより行う。

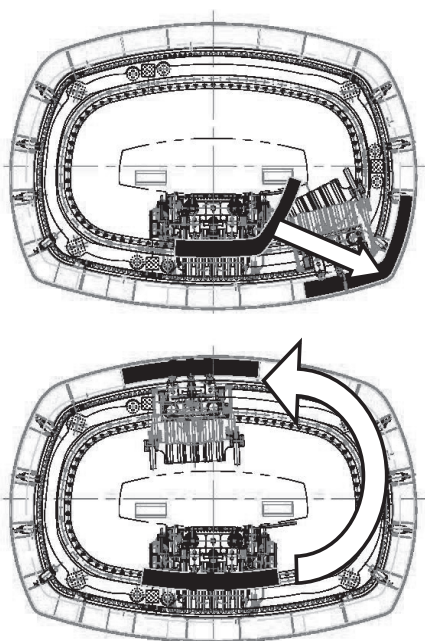


図一5 セグメント組立動作

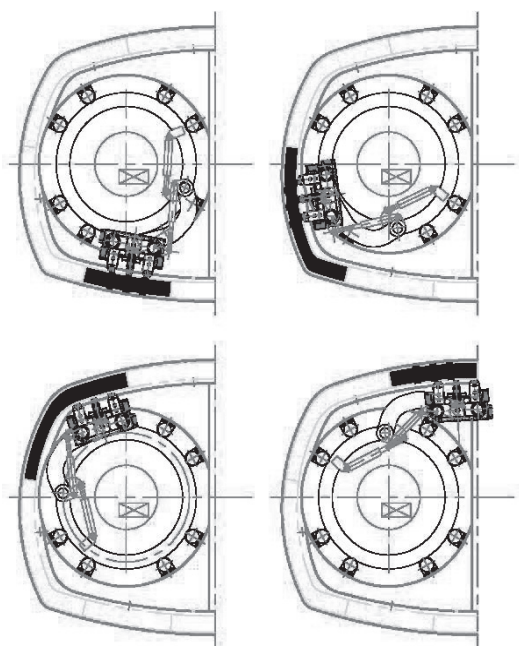
3. 既存技術との比較

図—6 に本セグメント組立装置による組立状況を、図—7 に従来型のリングギア・片アーム式によるセグメント組立状況を示した。

本セグメント組立装置のモノレールはトンネル形状に似た形状に設置できるため、組立装置による走行、昇降の移動軸がレール接線、法線方向に一致する。そのため、円形の組立装置と同様な直感的な操作が可能である（図—6）。



図—6 ラック&ピニオン駆動モノレール式セグメント組立装置による組立状況



図—7 リングギア・片アーム式によるセグメント組立状況

これに対し、リングギア・片アーム式組立装置は左右に2台設置しそれぞれリンク機構によるアームを設置する。セグメントの位置決めにはリングを旋回させる。さらに、アームの揺動により周方向への移動を行う（図—7）。

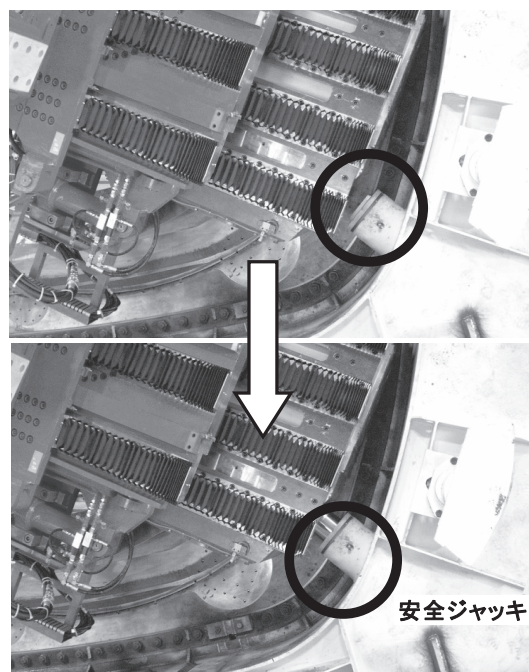
次頁、表—1 に両方式の特徴をまとめた。

4. 安全装置

要求仕様だけではなく、セグメント組立装置が安全に作動可能なこと、さらに装置周辺の作業員に対する安全性の確保も必要となる。例えば、供給電力の停電時や油圧装置等の機械的な故障で非常停止すること、特にセグメント組立装置が上昇中、または下降中において停電等が発生した場合、セグメント組立装置が落下・逸走することも想定しなければならない。そのような際に、安全性および信頼性の確保とセグメント組立装置の落下防止のために、油圧が供給されないとブレーキがかかる油圧ブレーキで対応し、さらに安全ジャッキをシールド機の左右8箇所 zu 装備した。

安全ジャッキは周方向に所定間隔で設けており、組立装置本体の走行位置に応じて、自動的に出し入れされるシステムとなっており、組立装置通過後に安全ジャッキ装置が突出するように制御されている（図—8）。

安全ジャッキは伸びた状態であるとエレクタと干渉するので組立装置の走行方向との関連で前方の安全ジャッキが縮限でないと組立装置の走行を不可とするインターロックをかけて、安全性の向上を図った。



図—8 安全ジャッキ

表—1 セグメント組立装置の比較表

	ラック&ピニオン駆動モノレール式	リングギア・片アーム式組立装置×2台
組立装置構造概要	シールド機の外形に相似な走行用モノレールを設け、油圧モータで駆動する走行、昇降、スイング、スライド、サポートおよび把持装置から構成される。有効内空間最大化のため昇降装置は2段式とし、2つの昇降機構の間に把持装置を回転させるスイング機構を装備する。	円形シールド機と同様の円形リング式セグメント組立装置を2台左右に設け、装置全体を旋回する。スライド装置、把持装置も円形シールド機と同様に装備する。昇降機構は、リンク式のアームを揺動させて行う。セグメント組立角度に対応するため把持部にスイング機構を装備する。
操作性	走行、昇降の移動軸がセグメントの接線・法線方向と一致するため、位置決め操作は比較的容易である。	旋回、アームの昇降移動軸がセグメントの法線方向と一致しないため、操作は複雑となり位置決めが困難となる。
安全性	セグメントを把持する機構がセグメントの法線方向と一致するため、セグメントの安定性が良い。走行装置の落下防止対策として、油圧ブレーキと油圧ジャッキ式の2重対策を装備。	セグメントを把持する機構は片持ちとなるため、セグメントの安定性に劣る。旋回ブレーキ機構は、一般的な円形用と同様である。
適用範囲	レールを設置できる寸法に限り、断面形状によらず適用可能。	縦と横の比が大きな形状には不向き。縦長の断面には適用が困難。
占有空間	装置の占有空間は小さい。有効内空間を中心部に大きく確保。	装置の占有空間が大きい。有効内空間が小さく、左右に分離。
設計自由度	組立装置レールがシールド機外周部にあり、シールド機前胴部との干渉が少ない。	シールド機前胴部から組立装置旋回リングを保持する構造が必要となり、排土設備などの設計自由度が少ない。
再使用可能性	レールは形状に応じて新作する必要があるが、走行組立装置は断面形状によらず再使用が可能である。	リングギアはシールド機の形状に左右され、また、そのアーム式組立装置も収まりから再使用は困難である。
費用	組立装置本体の金額はリングギア・片アーム式と比較すると高い。再使用ができ、LCCは低い。	構造は既存技術の応用であるため、1台当たりの費用は低いが2台必要となる。一度の工事で処分されるため、LCCは高い。
セグメント設計	組立装置がシールド機内周全ての範囲で可動できるため、セグメント設計の自由度が増す。	組立装置は円周運動とアームの旋回運動のみであるため、機械の力学的な制約がセグメント設計に影響を与える。

また、安全ジャッキの他に以下の安全対策を実施した。

- ①組立装置のずれにより、セグメント組立時に作業員が手を挟まれる可能性を低減するため、ピニオンのバックラッシュを±0.6°となるようにピニオンの設計を行った。
- ②セグメント形状によって有効内空間への干渉状態が異なるため、セグメント把持を行う前に操作盤でセグメント形状の選択を行うこととした。
- ③組立装置の位置によって、組立装置の操作可能な動作が異なる。そのため、組立装置の位置を常に検知し、昇降とスイングを誤って操作ができないようにした。
- ④組立装置操作を誤らないように高速での動作には同時に2つのボタンを押す仕様とした。
①から④の対策をし、オペレータが不適切な動作を行うと強制的に低速となり不適切な動作であることを認識できるように回転灯と警報音で警告する。

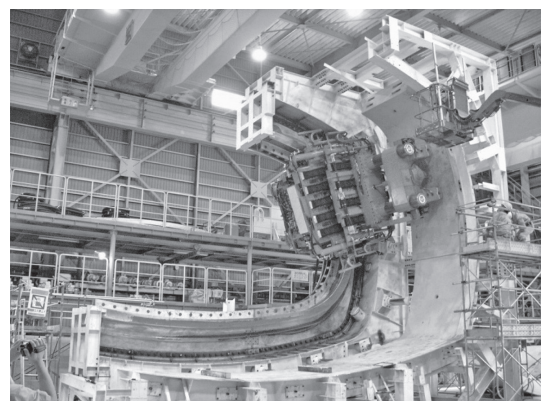
5. 実証実験

セグメント組立中の走行旋回時に、レールやセグメント組立装置の可動部に破損が発生しないように十分

な剛性、円滑な作動性があることを確認する必要がある。そこで、図—9に示す実機規模の試験装置を製作し、8分の3断面に相当するセグメントの組立試験を実施した。

模擬的な排土設備として、ベルトコンベヤフレームを実証実験架台の有効空間内に設置し、組立装置が走行する際のベルトコンベヤフレームと組立装置とのクリアランスを確認した。

矩形断面セグメントの組立性の確認は、8つのピースに分割されるセグメントのうち、上部の2つを除く6つのピースに対して組立を行い、位置決め精度確認



図—9 実証実験架台

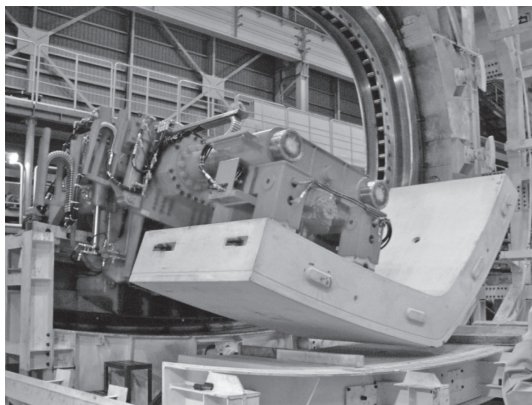
をした。また、周方向ピース間には防水用シールを貼付け、セグメント組立装置が、シールをつぶすのに必要な押付力を備えているかを検証した。さらに、インバート部および側部ピースを組み立てた後、頂部ピースが円滑に通過可能であることも合わせて検証した。

安全装置作動確認は、安全ジャッキの動作確認および各種インターロックの確認を行った。

6. 実験結果および考察

図—10はL字型セグメントの把持状況を示している。このようにセグメント組立装置には、大きく偏心した構造物を把持した状態での動作が求められている。

実験により周方向に隣り合うピース間を繋ぐコッタとトンネル軸方向に隣り合うリング間を繋ぐピンブッシュを挿入する際、セグメントに損傷を与えることなく組み立てることができることを確認した。また例えば、図—10に示すL字型セグメントの平均組立時間は約15分であった。実験結果より推定される矩形断面全体の組立時間は85分程度である。



図—10 L字型セグメント把持状況

7. おわりに

掘削断面形状に合ったレールを製作することで、比較的自由的な断面に適用できる非円形断面用トンネルセ

グメント組立装置を開発した。2車線道路トンネルを想定し、実物大の矩形セグメントを用いた実証実験を実施した。組立装置の走行、昇降、スイング、スライド及びサポートジャッキの操作の安全性、信頼性、組立性を確認することができた。

ラック&ピニオン駆動モノレール式非円形断面シールドトンネル用セグメント組立装置を適用することにより、縦方向に長い矩形断面や楕円形断面に対しても、適用可能性が広がった。これにより、都市部に非円形断面シールドトンネル構築の可能性を広げることができる。さらに、非円形断面シールドトンネルは円形断面と比較すると、必要空間に対して掘削断面を小さくすることができる。そのため、掘削残土の削減や掘削工程の短縮など環境負荷の軽減に貢献できる。本セグメント組立装置本体は再使用が可能であることから、LCCを下げることも可能となる。

今後、実工事への採用とそのフィードバックを得ることで本組立装置の改善を図りたい。

J C M A

【筆者紹介】

栗生 暢雄（くりう のぶお）

(株)大林組
機械部 技術開発課
課長



杉山 雅彦（すぎやま まさひこ）

三菱重工メカトロシステムズ(株)
都市開発部
担当部長



覆工コンクリート脱型時期判定システムの開発と導入

T-JUDG システムによる強度推定

宇 野 洋志城・京 免 継 彦

筆者らは、積算温度管理により現位置でコンクリートの強度発現を推定する覆工コンクリートの脱型時期判定システムを開発した。本システムの導入により覆工コンクリートが適切な強度に達した時期(脱型時期)を判定することができ、脱型までの初期養生期間中に環境温度が予想より低かった場合や、打込み工程にトラブルが生じて遅延した場合でも、建設工事現場の最前線で安全と品質を確保した施工を保証できる。

キーワード：トンネル、積算温度、二次覆工、脱型、強度推定、コンクリート

1. はじめに

最近のトンネル新設工事では、覆工コンクリートの品質・耐久性の向上を目的とした技術提案課題に対応する方策のため、様々な既存技術の転用や新技術の開発が行われている。

覆工コンクリートの耐久性を向上させる方策では、養生に関する技術の開発、適用^{1), 2)}などが散見されるが、耐久性と無縁ではないコンクリート強度の発現を推定、保証する技術に関しては、とくに目新しいものではなく、脱型目標強度や試験頻度の設定変更が行われる程度である。

コンクリートの耐久性の向上には十分な湿潤養生が効果的であるが、極めて若材齢で脱型され、セントルと呼ばれる移動式型枠とともに支保が移動する覆工コンクリートの場合には、脱型目標強度に達していないことが耐久性以前の問題として構造上の弱点となるひび割れの発生原因につながる可能性がある。そのため、覆工コンクリートにとって、脱型前のコンクリートの水和反応を把握し、脱型時の強度を推定、脱型時期を判定することは一般コンクリート構造物を対象とするよりも重要である。

そこで筆者らは、覆工コンクリートの強度を推定し、脱型時期を判定するシステムの開発と現場への導入を目指した。

2. 開発の経緯

(1) 脱型時期判定の問題点

一般的なトンネル新設工事における覆工コンクリー

トの構築は、1サイクル2日の工程で脱型～セントル移動～セット～打込みが繰り返されるパターンで行われている場合が多い。脱型時におけるコンクリートの圧縮強度(以降、本文中では脱型目標強度と称す)は $2.0 \sim 3.0 \text{ N/mm}^2$ 程度が目安とされており³⁾、脱型はコンクリート打込み終了後12～20時間程度で行われている例が多く報告されている。

しかし、覆工コンクリートが脱型目標強度に達したかどうかの判断は打込み終了後の経過材齢を基準に管理する場合が多く、コンクリートの圧縮強度の確認は毎回実施されていない。仮に実施されたとしても、現場養生した管理供試体による間接的な圧縮強度の確認であり、これらには幾つかの問題がある。

たとえば、打込み終了後の経過材齢による管理では覆工コンクリートの養生条件の変動を加味することは難しい。トンネル内の温度は一定ではなく、同一断面であっても上下方向に温度分布は存在し、換気用風管の周りでは通気の影響で温度分布は変化する。延長方向では坑口付近は屋外の環境の影響を受けやすく、トンネルの貫通次第では空気の流れが季節変動による気温変化の影響を増長させる。脱型までに養生温度が急激に変化する場合など単純に経過材齢を基準にして脱型を行えば、覆工コンクリートの圧縮強度が脱型目標強度に達していない状況も起こり得る。そのため、初期材齢段階でのひび割れ発生や長期耐久性の低下に結びつく可能性がある。

また、管理供試体による圧縮強度の確認では養生中の存置場所による影響が大きく、管理供試体作製後に発生するトラブル等により打込み終了時刻が遅れた場合などでも推定の精度を期待できないだけでなく、打

込みごとに供試体の採取と圧縮強度試験の実施が不可欠である。

つまり、これまでの経過材齢による管理あるいは供試体による管理では覆工コンクリートの圧縮強度を現位置で直接的に測定あるいは推定していないことから、脱型時期の判定には十分な信頼性が得られない。

そのため、覆工コンクリートの圧縮強度を現位置で直接的に測定あるいは推定することにより適切な脱型時期の判定方法を確立することが、構造上の安全面だけでなく長期的な品質面からも必要である。

(2) 積算温度方式による強度推定

筆者らは、以前にも若材齢時におけるコンクリート強度の推定に関する検討を行った⁴⁾。最近も非破壊あるいは微小な破壊による若材齢コンクリートおよび低強度のコンクリートの強度推定に関しての研究例⁵⁾が幾つか報告されており、貫入方式以外に、超音波方式⁶⁾、低強度用テストハンマー方式⁷⁾、ウィンザーピン貫入方式⁸⁾、引っかき傷方式⁹⁾、積算温度方式^{10), 11)}等が挙げられる。

今回、筆者らが覆工コンクリートの脱型時期判定方法の確立のために検討したのは、積算温度方式である。コンクリートの強度発現は水和反応によるものであり、養生温度 + 10℃と養生時間の積で表される積算温度と圧縮強度とは強い相関関係にあるという基本性質が広く知られている。材料と配合が同じであれば、基本的に積算温度と圧縮強度との関係は一定と考えてよい。

しかし、コンクリートは常に同じ環境条件で製造されるものではない。これまでの文献^{10), 11)}では、寒中

コンクリートとしての低温養生あるいは促進養生における強度発現推定に利用する例が多く、材齢 100 時間までの養生条件が強度発現に及ぼす影響が大きいとされている。

3. 脱型時期判定システムの概要

(1) 脱型時期判定システムの概念

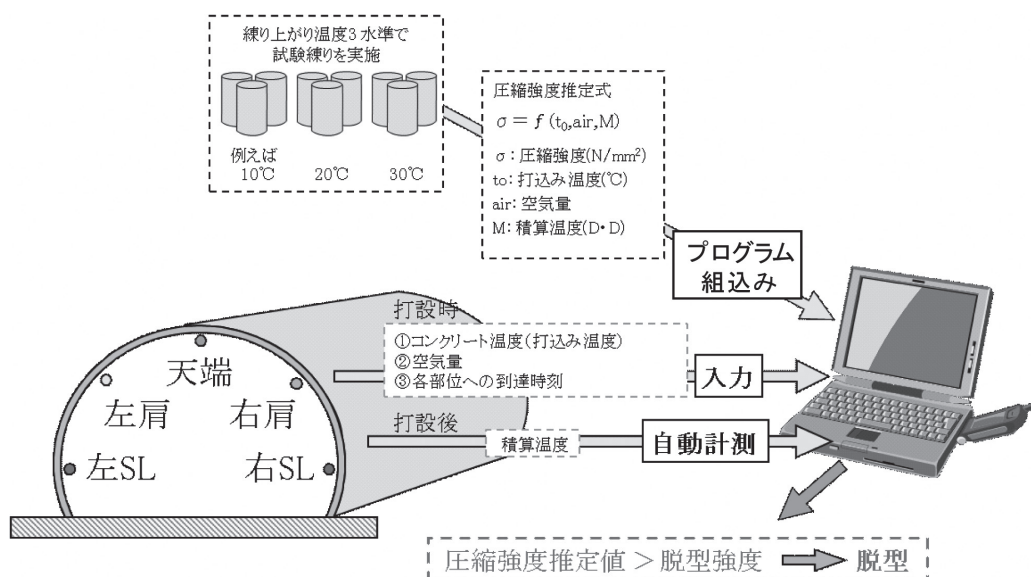
今回、トンネル新設工事に提案、導入することになった積算温度管理による覆工コンクリートの新しい脱型時期判定システムは、覆工コンクリートの圧縮強度を現位置で積算温度とコンクリート打込み温度と空気量から推定するものである。新しい脱型時期判定システムのイメージを図一1に示す¹²⁾。

練り上がり時のコンクリート温度が違う場合、フレッシュ時の初期の設定や使用混和剤量の違いにより同じ積算温度であっても若材齢時の初期強度発現に差が生じることも確認されている。筆者らが検証した結果によれば、同じプラントから出荷された同配合のレディーミクストコンクリートでも季節によって夏用配合あるいは冬用配合と称して混和剤の使用量が微調整されており、季節が変わればコンクリートの練り上がり温度は変わること、圧縮強度で 2.0 ~ 3.0 N/mm² 程度発現するまでの材齢に差はあることが認められている。

さらに、それらの傾向は試験材齢までの養生温度が等しくても変わらないことも確認済みである。

これより、圧縮強度 3.0 N/mm² 程度レベルまで対象として強度発現状況を推定するためには、単純に積算温度を測定するだけでは不十分であると判断した。

一方、コンクリートの計画配合が同一であれば、空



図一1 新しい脱型時期判定システムのイメージ

気量1%の増加によって圧縮強度は4～6%減少する¹³⁾ことは硬化コンクリートの基本性質として広く知られており、推定精度の向上のためには考慮が必要である。

そこで筆者らは、覆工コンクリートの圧縮強度を現位置で直接的に測定あるいは推定する方法として、積算温度以外に打込み時のコンクリート温度と空気量もパラメータとして取り込むことを考えた。

覆工コンクリートに使用する計画配合には、夏季あるいは冬季に備えた配合があり、コンクリート温度が5～35℃の範囲内で使用混和剤量が微妙に変更されている。

そこで、新しい脱型時期判定システムの導入にあたっては、まず、各プラントにおいて同じレディミクストコンクリートの夏用配合、標準配合、冬用配合それぞれに対して試験練りを行った。

新しい脱型時期判定システムの手順は以下のとおりである。

- ①コンクリート練り上がり温度の目標を夏用配合では35℃、標準配合では20℃、冬用配合では5℃とし、各ケースでコンクリート練り上がり温度、空気量を測定する。若材齢時に行う圧縮強度試験用の供試体を採取し、養生中の積算温度を測定する。
- ②目標の脱型強度を超える範囲まで適当な材齢で圧縮強度試験を行う。
- ③積算温度とコンクリート練り上がり温度（＝打込み時のコンクリート温度）と空気量の3つをパラメータとする圧縮強度推定式を求める。
- ④覆工のセントル棲部付近に高さを変えて温度センサーを複数個設置する。
- ⑤パソコンに圧縮強度推定式を組み込み、積算温度を自動で取り込むように設定する。
- ⑥打込み時のコンクリート温度と空気量を手動で入力し、3つのパラメータから覆工コンクリートの圧縮強度の発現状況をモニタリングする。
- ⑦推定される圧縮強度が脱型目標強度を超えることを確認して脱型時期の判定を下す。

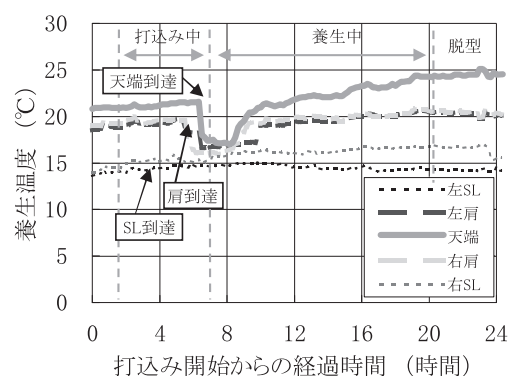
(2) 新しい脱型時期判定システムのポイント

覆工コンクリートの打込み順序は一定であり、延長方向に関してはラップ側から棲側に充填し、上下方向に関しては側壁部からアーチ部にかけて充填し、最後が天端部となる。つまり、棲側天端部は脱型時に最も若材齢となる部位である。

覆工コンクリート施工の場合には、セントルの脱型と同時に支保も移動してしまう。そのため、脱型時期が早過ぎれば、天端部の強度不足が原因で覆工コンク

リートに自重によるひび割れが発生する可能性がある。

一方、脱型前養生期間中にはコンクリートの水和発熱作用によりセントル内部温度は上昇し、最も遅く打込み完了となる天端部で最も養生温度が高く、最も早く打込み完了となる側壁部で最も養生温度は低くなることが確認されている（図—2 参照）¹⁴⁾。覆工コンクリートの強度発現は同一断面で一様ではなく、最後にコンクリートの打込みが終了する天端部と最初にコンクリートの打込みが終了する側壁部では、材齢が経過するにつれて積算温度が逆転する（＝圧縮強度が逆転する）現象が認められる場合がある。



図—2 温度測定結果の一例

したがって、覆工コンクリートの脱型時期判定のためには、最も強度発現が遅い部位を対象とする必要があり、以下のポイントを押さえる必要がある。

- ①最後に打込み終了となる棲部付近で養生温度を測定する必要がある。
- ②同一断面で高さ方向を変えた複数個所に温度センサーを設置する必要がある。

(3) 新しい脱型時期判定システムの特徴

新しい脱型時期判定システムの特徴は、強度推定の理論、覆工コンクリートの安全と品質の保証、作業工程上のメリットにあり、具体的には以下に示すとおりである。

(a) 積算温度による強度推定

打込み後の経過材齢や供試体の圧縮強度などの間接的な管理によらず、覆工コンクリートの現位置で測定した養生温度を管理することで、あらかじめ行う試験練りにより準備した積算温度との関係式を利用して覆工コンクリートの圧縮強度を推定することができる。

(b) 打込み温度と空気量もパラメータ

コンクリート打込み温度の違いによる混和剤の種類あるいは使用量の変動が及ぼす影響や、コンクリートに含まれる空気量の変動が及ぼす影響を考慮するた

め、積算温度以外のパラメータにコンクリートの打込み温度と空気量を加え、精度よく覆工コンクリートの圧縮強度を推定することができる。

(c) 安全と安心の提供

脱型までの初期養生期間中に環境温度が予想より低かった場合や、打込み工程にトラブルが生じて遅延した場合でも、覆工コンクリートの強度を直接的に推定、モニタリングするため、脱型目標強度に達する前に脱型する危険を回避でき、構造上の安全と長期的な品質を確保することができる。

(d) 施工サイクルの効率化

圧縮強度をモニタリングしながら、必要に応じて養生温度の管理を行って脱型目標強度に達する材齢を変えることができるので、施工サイクルの中で必要に応じて脱型時期の調整や作業の効率化を図ることができる。

4. 新しい脱型時期判定システムの導入

(1) 通年施工するトンネルでの導入

新しい脱型時期判定システムが初めて本格導入された¹⁵⁾のは、中国地方で施工された自動車専用道路（高規格幹線道路）新設区間のトンネル工事現場（仮称Ⅰトンネル：坑門工以外の全区間 1170.8 m）である。

このトンネル工事における覆工コンクリートの打込みは平成 22 年 6 月～平成 23 年 5 月の期間（全 118BL）に通年施工で行われた。

コンクリート練り上がり温度の高くなる夏季には、スランブロスなどのフレッシュ性状の経時変化を抑えるために標準配合よりも混和剤使用量が多く設定された。同様に、冬季には標準配合よりも混和剤使用量が少なく設定された。その結果、初期材齢における強度発現は夏季には遅れ、冬季には早まる可能性があるとして当初考えられた。

全区間のうち、DⅢa 区間には配合 27-15-20BB（非鋼繊維入り）、DⅢa 区間以外には配合 27-15-40BB を適用した。養生条件は通年一定ではなく、9 月～10 月までブルーシートによる保温養生が行われ、11 月～5 月まではブルーシートに加えてジェットヒーターを 3 台使用した給熱養生が行われた。

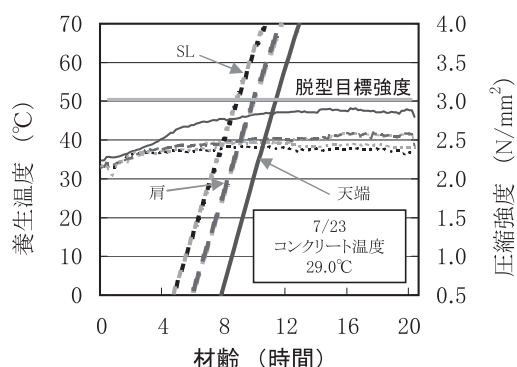
全区間で覆工コンクリートの圧縮強度が脱型目標強度 3.0 N/mm² 以上になったことを確認した後に脱型作業を行った結果、脱型時の強度不足が原因と思われるひび割れ等の欠陥は認められなかった。

季節の変動に伴いトンネル内の環境温度は必ずしも一定とならず、脱型目標強度 3.0 N/mm² を得るため

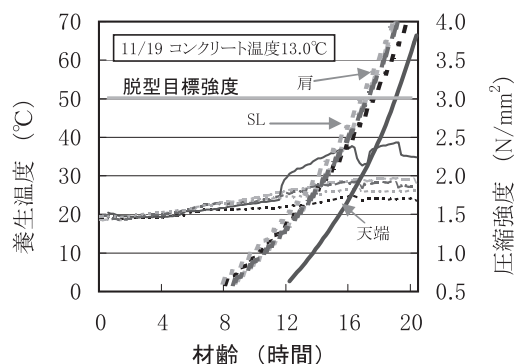
に養生温度を管理した結果、夏季から秋季においては最終打込み個所である天端部の強度発現が最も遅かった（図—3、4 参照）。

一方、ジェットヒーター等を使用したことにより暖気が天端部に集中する状況にあった冬季では、天端部の強度増進が大きく、最も早く脱型目標強度に達した（図—5 参照）。

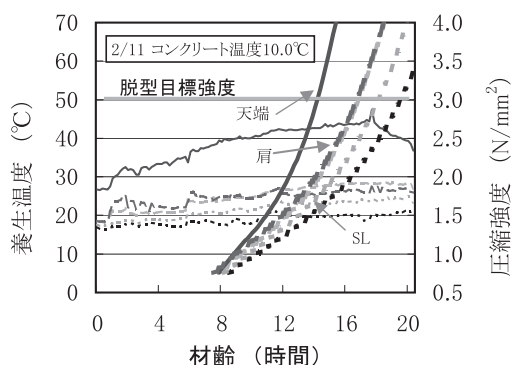
脱型までに必要な養生時間は 11 時間 20 分～19 時間 30 分まで変動したが、6 月～10 月までの平均 13 時間 50 分に対して 11 月～5 月までの平均は 15 時間 30 分と大きく変わることはなく、冬季でも養生温度が高く保たれていた影響の表れと考えられた。通年平均では 14 時間 50 分程度となり、2 日に 1 回の打込み工程に支障をきたすことはなかった。



図—3 Ⅰトンネルでの実績（夏 7/23 施工）



図—4 Ⅰトンネルでの実績（秋 11/19 施工）



図—5 Ⅰトンネルでの実績（冬 2/11 施工）

(2) 冬季施工するトンネルでの導入

東北地方で施工されたダム付替道路新設区間のトンネル工事現場（仮称 T トンネル：坑門工以外の全区間 423.0 m）である。

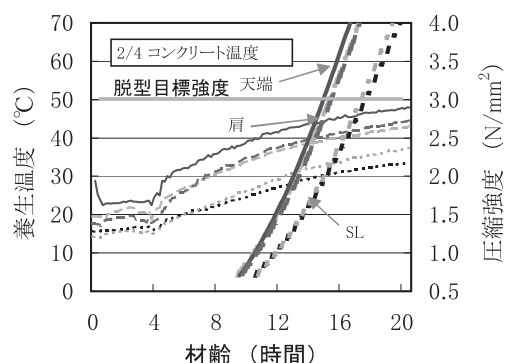
このトンネル工事における覆工コンクリートの打込みは覆工コンクリートの打込み期間は平成 22 年 12 月～平成 23 年 5 月の期間（全 40BL：東日本大震災の影響で 3 月予定が延期）で行われた。

全区間のうち、DⅢa 区間には配合 27-15-20BB（非鋼繊維入り）、DⅢa 区間以外には配合 27-15-40BB を適用した。

冬季の施工でもあり、養生条件は 4 月までジェットヒーターを最大 6 台使用した給熱養生が行われた結果、脱型時の強度不足が原因と思われるひび割れ等の欠陥は認められなかった。

ジェットヒーター等を使用した養生条件では、暖気が天端部に集中したことにより天端部の強度発現が早く、脱型目標強度に達するまでの時間が最も短かった（図—6 参照）。

脱型までに必要な養生時間は 14 時間 40 分～22 時間 10 分と変動したが、通年平均は 16 時間 40 分程度となり、2 日に 1 回の打込み工程に支障をきたすことはなかった。



図—6 T トンネルでの実績（冬 2/4 施工）

5. おわりに

本稿で報告した新しい脱型時期判定システムは、T-JUDG (Tunnel-JUDGement of removal time on site) システムとして開発された。このシステム（以降、T-JUDG システムと称す）が導入されたトンネル工事現場は、平成 23 年 9 月現在で 6 件である。

T-JUDG システムの導入により覆工コンクリートの強度発現をモニタリングすることが可能となり、仮に予想より養生温度の低い場合や打込み工程が遅れた場合でも、施工の都合で脱型目標強度に達する前に脱型してしまう可能性がなくなった結果、構造上の安全と

覆工コンクリートの長期的な品質を確保することができた。

今後の展開として、積算温度管理の概念を用いた T-JUDG システムの有効活用は、覆工コンクリートの安全性と耐久性の保証に貢献することができるものと考えられる。

JCMA

《参考文献》

- 1) 壺岐直之：トンネル覆工コンクリートにおける湿潤養生＝プラスチックフィルムを用いたトンネル覆工コンクリートの長期養生＝，建設機械，Vol.47，No.6，pp.47-51，2011.6
- 2) 椎名貴快，吉永浩二，佐藤幸三：覆工コンクリート養生 温ぬく・うるおい＝保温・断熱性の高い中空構造板を用いた覆工養生＝，建設機械，Vol.47，No.6，pp.67-72，2011.6
- 3) 土木学会：2006 年制定トンネル標準示方書〔山岳工法〕・同解説，pp.172-173，2006.7
- 4) 宇野洋志城，弘中義昭：若材齢コンクリートの強度推定法，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.12-1，pp.225-230，1990.6
- 5) 宇野洋志城，歌川紀之，桑原嗣：非破壊試験による若材齢コンクリート強度の推定方法に関する研究，佐藤工業株式会社技術研究所報 2009，No.34，pp.1-8，2010
- 6) 土木学会：コンクリート技術シリーズ No.61 弾性波法によるコンクリートの非破壊検査に関する委員会報告およびシンポジウム論文集，pp.22-33，2004.8
- 7) 高取秀和，川崎元，鈴木昌次，綾野克紀：PT 型シュミットハンマーを用いたトンネル覆工コンクリートの脱枠時強度の推定方法，土木学会第 63 回年次学術講演会，V -303，pp.605-606，2008.9
- 8) 谷川恭雄，木俣典良，西川奈津子，山根政夫：各種非破壊試験方法による低強度コンクリートの強度推定に関する研究，セメントコンクリート論文集，Vol.61，pp.154-159，2008.2
- 9) 西川奈津子，山根政夫，谷川恭雄，鈴木計夫：各種非破壊試験方法による低強度コンクリートの強度推定に関する研究（その 2：引っかき傷法），日本建築学会大会学術講演梗概集，A -1，pp.241-242，2007.8
- 10) 蓮尾孝一，西本好克，松本拓，河上浩司：積算温度方式による若材齢強度の推定法，三井住友建設技術研究所報告，Vol.2，pp.145-150，2004
- 11) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事，pp.280-281，1991.7
- 12) 日本コンクリート工学協会：コンクリート技術の要点'09，pp.59，2009.9
- 13) 京免継彦，宇野洋志城，草信元春，藤原康史：積算温度管理による脱型時期判定（T-JUDG）システムの提案，土木学会第 66 回年次学術講演会，VI -416，pp.831-832，2011.9
- 14) 京免継彦，宇野洋志城，桑原嗣，乾川尚隆：脱型時期判定を目的とした積算温度管理に関する一考察，土木学会第 65 回年次学術講演会，VI -013，pp.25-26，2010.9
- 15) 宇野洋志城，京免継彦，上村佑介，藤原康史：積算温度管理による脱型時期判定（T-JUDG）システムの導入，土木学会第 66 回年次学術講演会，VI -417，pp.833-834，2011.9

【筆者紹介】

宇野 洋志城（うの よしき）
佐藤工業㈱
技術研究所
主任研究員



京免 継彦（きょうめん つぐひこ）
佐藤工業㈱
土木事業本部 技術部
機電課長



一般報文

日本一を目指す名古屋国道の現場力（その3）

「見える化」で変わる（「見える化」編）

高橋 敏彦

国土交通省における「見える化」の導入は、道路「見える化」と言う形で関東地方整備局が先行し実施している。例えば、3環状道路の供用年次を分かりやすく箇所毎に示した「見える化」は代表例であろう。名国としては、事務所運営や職員の仕事の仕方の見直しに力点を置き「見える化」を推進した。この結果、職員自ら仕事の仕方を見つめ直すとともに、仕事の結果が見えることからモチベーションも上がり、様々な業務改善が進んだ。

キーワード：「見える化」、仕事の仕方、成果、モチベーション

1. はじめに

私が10年以上前から、よくする質問に「やりがいを見つけやすい仕事は何か分かりますか？」というものがある。人によって答えは違うだろうが、私の答えは「掃除」である。なぜ掃除なのかは、「仕事の成果が見える」からである。きちんと掃除をすれば、部屋はきれいになるし、手を抜けばそれなりだろう。努力の程度が、成果で見えるからである。

つい先日、テレビのクイズで「多くの東大合格者が子供の頃習っていたのは？」というものがあった。答えは「水泳」だそうだ。説明によると、「水泳は努力すればタイムが短くなる。努力が成果に結びつくことを水泳で知るからだ。」と言っていた。私は正解できなかったが、説明に納得した。

2. 「見える化」とは

「見える化」とは、作業についての情報を組織内で共有させることにより、現場の問題等の早期発見や効率化、改善に役立てることを目的とする。「見える化」の先人はトヨタである。その目と鼻の先にある名国としては、これを見逃すわけにはいかない。国土交通省の「見える化」の先人は関東地整である。道路「見える化」計画と題して意欲的に取り組んでいる。3環状道路の供用年次を箇所毎に表した「見える化」は分かり易い。

ところで、「見える化」は、外部に見せて、外の人に理解を促す、外なる「見える化」と、内部に見せて、内からの改善を促す、内なる「見える化」があるよう

に思う。さらに、内なる「見える化」は、「経営者が問題をいち早く理解し問題を解決する」や、「働いている職場の全員が問題を理解し、当事者意識を持ち、問題解決に当たる」を導く。外への「見える化」も外へ示すことにより、組織の目標になり、内への「見える化」と同様の効果がある。しかし、外へ示したことが、十分内の認識につながらないと、外へ見せて終わってしまうこともある。このため、名国は、内への「見える化」に重点を置くこととした。

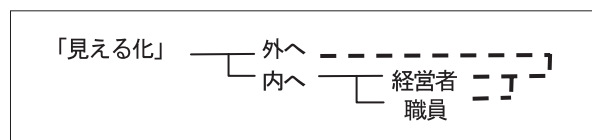


図1 「見える化」

3. 業務の「見える化」

地方整備局の事務所の仕事を考えると、工事発注部門では、発注率とか進捗率等の指標で業務の状況を見ることができる。路上工事対策で路上工事を「見える化」し、大きく改善したことを第1回で示した。また、その過程を通じて、日単位の発注計画を作り、7つのプロセスで計画と実績の対比を「見える化」し、発注が劇的に改善したことも示した。一方、名国は、発注だけが仕事ではなく、様々な許認可という重要な仕事がある。相手が企業であったり、個人であったりするが、今までこれらの業務の進捗を議論されることはなかった。

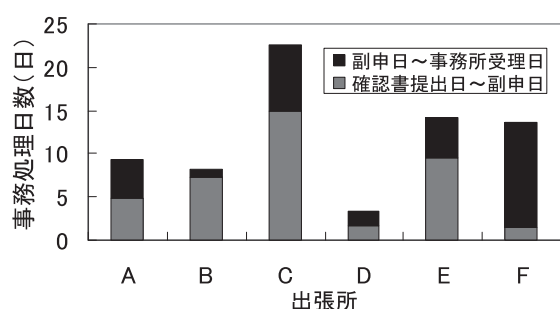
4. 官民境界確定業務の「見える化」

官民境界確定業務は、官の土地である「道路敷き」と、それに接する民の土地の境界を確定させることである。土地所有者の売買には欠かせなく、この作業が遅れば土地売買の遅れにつながる。13年前の所長時代に気にしなかったこの事務が、今回、実に多いことに気づいた。さすが425 kmを管理する名国、以前の120 kmとは違うと感じた。

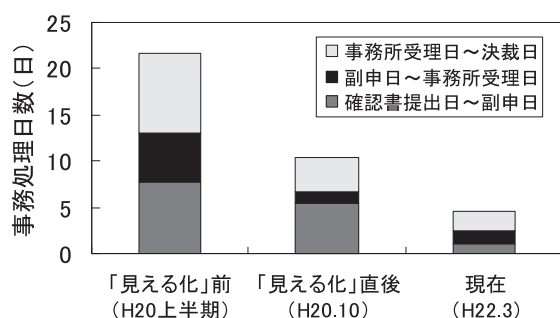
ところで、「この事務は効率的か？申請者に迷惑をかけてないか？」と疑問が湧いてきた。さりとて、その事務の中身を深く理解し、問題点を指摘するほど余裕もない。そこで「見える化」の登場である。手始めに、この事務の大きな流れを整理した。そして、次のことが分かった。

- ①境界を確定したい者が出張所に申請
- ②出張所と申請者が立会日を調整
- ③立会により境界を確認
- ④③をもとに申請者が出張所に確認書を提出
- ⑤出張所の事務処理および書類移動
- ⑥事務所決済による境界確定

①～⑤が出張所の業務であり、⑥が事務所業務である。出張所の事務処理の内、①～③は相手のあることなので、申請者が問題にするのは、④以降であろう。そこで、④⑤の事務処理時間について出張所毎のグラフを作成した（図－2）。これを見ると、出張所毎に大きくばらついている。この状況を事務所幹部会で報告し、出張所長に明示した。



図－2 官民境界確定業務



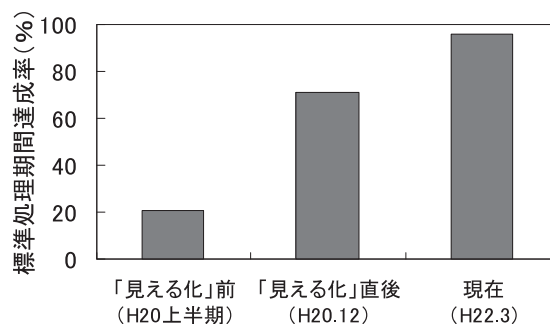
図－3 官民境界確定業務の変化

すると、事務処理時間は劇的に改善しはじめ、当初22日が、直後に半減し、現在は5日と1/4以下までになった（図－3）。どこを改善せよと指摘したわけでもない。事務所担当者からの指導や、出張所の創意工夫で改善したのだ。職員が、当事者意識を持つデータを提供すれば、自ずと改善が進む。「見える化」の力である。

5. 特殊車両の「見える化」

道路を通行できる車両の重さや寸法は、車両制限令により定められている。それを超える車両は、特別に許可を得て走行しなければならない。その許可を与える業務が特殊車両業務である。具体的には、車両重量、寸法、走行経路、時間を把握し、経路上の道路、橋梁、トンネル等を問題なく通過できるか確認し、許可を与える。これらの事務処理に要する時間は全国共通（標準事務処理時間）で決められている。しかし、現実にはその事務処理時間は、なかなか守られなく、その遵守率は20%程度と低迷していた。

これは、名国に限った話ではないが、名国における理由を述べると以下のものが考えられる。愛知県は製造業が多く、また、港も日本一の貿易港であるため、超寸法、超重量な製品が多いこと。その愛知県全域を名国が全て担当すること。このため、膨大な事務処理が必要であり、かつ、窓口申請の比率が多く、事務処理に手間がかかること。業務が全国規模であることから、国土交通省の事務所間の事務処理は当然として、県市などの自治体への問い合わせも必要であり、相手側の回答が遅れることがあること。そしてもう一つ、この業務が地味であり、職員の士気の問題があることも感じた。そこで早速、担当職員と話し、「見える化」のグラフの作成を依頼し、さらに一言、「日本一の特車係を目指そう」と言ったのである。その結果、図－4の通り、遵守率は劇的に改善した。



図－4 特殊車両業務標準処理期間達成率

6. 事務費の「見える化」

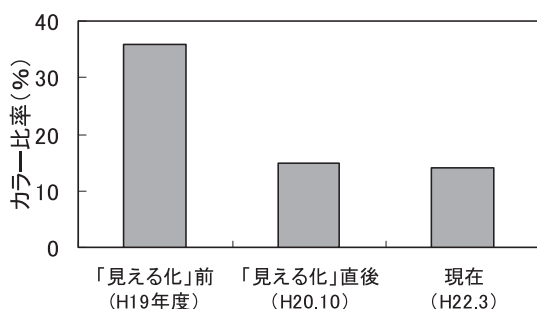
事業を進めるに当たって、様々な事務経費が必要になる。事務所の電気代、コピー代、消耗品…。かねてより、カラーコピーの多用を疑問に思っていた、平成15年、自治体の組織にいた頃の話である。当時、カラーコピーの単価は34円／枚、白黒が3.3円／枚、そして紙はA4一枚0.6円であったと記憶している。この組織においてもコスト削減のため、使用済み用紙の裏面活用は行われていた。しかし、この効果は1枚0.3円（＝0.6/2）。一方、カラー1枚の削減効果は30円（＝34－3.3円）で、裏面使用の100倍の効果である。私のいた組織のカラー比率は35%であったことから、使用状況を「見える化」したところ、その率は10%以下になり、僅か10人程度の職場で、コピー代で年間100万円以上のコスト削減を達成した。

現在は当時よりカラーコピーの単価は大いに下がったものの、白黒に比べ高価であることに変わらない。名国の平成19年度カラーコピーの使用率は、先の組織とほぼ同様の36%。但し、今回は工事部門を含む全部門であることを考慮し、目標は現行の半分程度20%弱を想定した。当初、幹部会で、口頭で伝え一部削減が進んだものの、再び増加傾向になったため、「見える化」を進めた。その結果、一気に15%まで削減が進み、現在もその数字で落ち着いている。

その他の事務経費も「見える化」したところ、電力使用量12%、消耗品費69%、備品費においては97%が削減された。ここで言う電力使用量は庁舎（本所1、出張所6、センター1カ所）の電力使用であり、道路照明等は含んでいない。

表－1 「見える化」の事務費削減効果（H19を100として）

	H19	H20	H21	削減効果 H21-H19
カラーコピー使用量	100	51	39	61%
庁舎電力使用量	100	95	88	12%
消耗品費	100	50	31	69%
備品費	100	6	3	97%



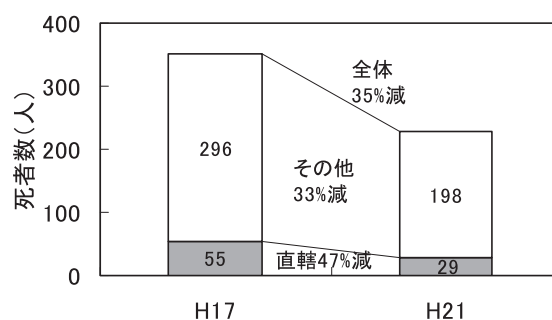
図－5 カラーコピー比率

このような状況で、現在、業務に支障がでた話は聞かえてこない。今後、庁舎の電力使用の多くを占める通信機器、機械設備等についても削減を検討する必要がある。なお、備品については、更新時期が来れば増加することになるだろう。

7. 交通安全の「見える化」

愛知県は現在、5年連続交通事故死ワーストワンの不名誉な記録を更新中である。名国としても交通事故死対策は、特に重点的に力を入れて居るところである。図－6は、ワーストワンの不名誉な記録を始めた平成17年と平成21年の管理者別の交通事故死の減少状況を示したものである。県全体としては35%減少しているが、内訳を見ると、直轄管理が47%の減少に対し、その他の自治体管理は33%の減少にとどまっている。

直轄の国道の死亡事故原因として、4車線道路の中央分離帯の開口部によるものがある。特に、三河地域（愛知県東部）の国道1号は、4車線で交通量、大型車混入率ともに高いにもかかわらず、中央分離帯の開口部が多い。これらを順次閉鎖してきたが、一定の進捗で進みづらくなってしまった。開口部の閉鎖には地元の協力、特に警察の協力が必要不可欠である。このため、出張所の発案により、所轄毎に開口部の閉鎖状況を取りまとめた（表－2）。この結果、進捗率が大きく二分化することが「見える化」した。現在、この資料を活用しながら、地元、警察、自治体等の協力しつつ、開口部の閉鎖を進めているところである。



図－6 交通事故死亡件数（愛知県）

表－2 所轄別開口部閉鎖実績（H21.12末現在）

所轄	開口部	対策済箇所	対策率%	進捗
A	11	2	18	低
B	17	0	0	
C	2	0	0	
D	13	13	100	高
E	23	22	96	
計	66	37	56	

8. 債権回収の「見える化」

事務所経理課の歳入関係の仕事に債権回収業務という地味な仕事がある。事故でガードレールを損壊した場合などに、相手から復旧にかかる費用を徴収する業務である。相手が保険に入っている場合、問題はあまりないが、無保険の場合、回収に手子摺ることがある。この場合、支払いを何回かに分ける分納と言う手段がある。この分納、最終的には完納しないのではないかと疑問に感じたことから、ある時、歳入係長が決済にきた際、「分納者の何割が完納しているのか？」と聞いてみた。暫くして、再び決済にきた歳入係長が、決済後に説明し始めた。「調べてみました。1ヶ月以内に分納を始めた人だと14人中12人が完納し、…。」私はそれを聞いて驚いた。なぜなら、分納者の完納率が、思いのほか高いこと、そして、1ヶ月以内の分納開始者の完納率が9割近いからである。しかし、もっと驚いたのは、資料のまとめ方である。私のリクエストに対し、彼は時間軸を加え説明してくれた。この資料は、大いに示唆に富んでいる。「1ヶ月以内に分納開始すれば、完納率が高くなるかもしれない。1ヶ月以内の分納開始に資源を集中すべき。」であり、今後、実践してみたい。

とを考えねばならない。その場合、共通認識が必要であり、「見える化」は、格好のツールとなる。そして結果は、モチベーションに繋がる。以前に紹介した、路上工事対策のグラフや早期発注の表は、「見える化」そのものである。そして、これに加え、今回、官民境界確定、特殊車両、事務費、交通安全、債権回収の「見える化」を紹介した。今後とも一層進める予定である。

ところで、インテリアの世界では、部屋を明るく見せるためには、部屋の四角を明るくするというテクニックがある。四隅に小さなライトを置く。組織の中にも華やかな部署や地味な部署がある。地味な部署は、士気が上がりにくい。「見える化」は、「この仕事は大事だよ」というメッセージであり、光なのではないかと感じる。そして、組織が優れていれば、一度光をあてると、自ら光り始める。全体が明るい組織は強い。

最後になるが、「日本一の事務所を目指しましょう」と事務所の中で言うことが多くなった。標題に「日本一を目指す」と入れたのはそのためである。他事務所と比較できる指標がないので、日本一の定義があるわけではない。自分で日本一だと思えばそれで十分である。そして、「見える化」で、常に改革改善を行えば、その思いは必ず達成されると信じて疑わない。

J C M A

表—3 損傷債権者分納支払い状況（件数）

	支払い開始時期			計
	1ヶ月以内	6ヶ月以内	6ヶ月以上	
完納	12	10	4	26
未納	2	8	5	15
計	14	18	9	41
完納率	86%	56%	44%	63%

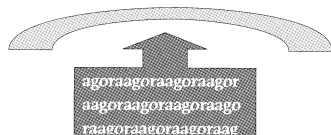


〔筆者紹介〕

高橋 敏彦（たかはし としひこ）
（前）国土交通省
中部地方整備局
名古屋国道事務所長
（現）国土交通省
北海道開発局
函館開発建設部長

9. おわりに

何か物事を達成する場合、個人の能力によってうまく物事を片付けるのではなく、組織として解決するこ



発破による解体技術

新 藤 孝 志

我が国では欧米と比べて実績が少ない発破解体工法だが、発破本来の持つ「安さ」と「早さ」が、低迷する社会経済の中で、経済性とサービスの早期提供に効果を発揮する。市街地の鉄筋コンクリート構造よりも山間部や広大な敷地内にある鉄骨構造物の方が多いなど、過去の取り組みと実績を示した。また、発破のメリットと問題点を説明し、将来性についても、その可能性を述べた。

キーワード：発破、解体

1. 発破解体とコンクリート発破

「発破解体」とは、構築物の一部を発破することにより全体又は特定する部分を一瞬に崩壊させる工法である。破壊する箇所やその順序を設定することにより崩壊する方向や破壊程度を制御し、地面に落下した際の衝突によって非発破部分をも破壊することができる。これに対して、落下などの運動は伴わず、限定的な部分だけをその場所で破壊する場合は、単に発破とか「コンクリート発破」と呼ばれる。建物の地下部分である基礎や杭の解体、あるいは老朽化したダムなど、大型土木構築物の解体に用いられる。

2. 我が国の発破解体への取り組みと施工実績

(1) 都市発破委員会

(社)全国火薬類保安協会は、通商産業省立地公害局(現経済産業省)より委託を受け、都市構築物の発破解体にかかわる保安技術の制定を行った。以下に主な事業年度と内容を記す。



写真—1 旧高島炭鉱 RC 集合住宅の実験

- (a) 昭和 62 年度、「都市構築物解体用発破対策委員会」設置。供試体を用いた既存技術による要素実験。
- (b) 昭和 63 年度、RC 集合住宅の発破倒壊に関する要素技術実験及び一挙倒壊実験、海外調査資料収集。
- (c) 平成元年度、飛石等飛散物防護に関する実験。
- (d) 平成 2 年度、火薬類消費の技術上の基準及びコンクリート構築物発破解体工事保安技術指針を策定。

この保安技術指針は、火薬類取締法で規定されている構築物解体用発破(規則第 54 条の 3)の具体的、技術的な指針として発破工事に活用されている。

(2) はまなす委員会

(財)北海道地域総合振興機構は、通商産業省資源エネルギー庁(現経済産業省)からの石炭鉱業構造調整円滑化補助金を交付されて「産炭地域振興寄与型経営多角可能性調査・発破解体会社設立可能性調査検討委員会」を設置した。更に、全国火薬類保安協会から専門的な立場での協力を得て、各種の構築物について発破解体実験を行った。以下に事業年度と内容を記す。

- (a) 平成 4 年度、除却・解体技術の現状、海外調査。
- (b) 平成 5 年度、不要石炭生産施設の爆破(発破)解体、除去・解体会社の設立可能性等に関する検討。
- (c) 平成 6 年度、モデル解体実験(三井石炭鉱業旧芦別第 1 坑選炭機積込ポケット発破解体Ⅰ)。
- (d) 平成 7 年度、モデル解体実験(三井石炭鉱業旧芦別第 1 坑選炭機積込ポケット発破解体Ⅱ)。

- (e) 平成8年度, モデル解体実験(旧空知炭鉱歌志内総合ボイラー煙突発破解体)。
- (f) 平成9年度, モデル解体実験(北炭夕張旧平和炭鉱未選堀A塔発破解体)。
- (g) 平成10年度, モデル解体実験(北炭夕張旧平和炭鉱未選堀B塔発破解体)。
- (h) 平成11年度, モデル解体実験(旧空知炭鉱歌志内ガス発電所基礎発破)。
- (i) 平成12年度, 総括, 技術マニュアル作成。

この委員会では、北海道の炭鉱が次々と閉山されてゆく中、不要となった生産施設や老朽化した炭鉱住宅などを除却することにより地域の振興と街づくりの推進を画策する一方、火薬取り扱い等の専門技術を持つ炭鉱従業員の雇用対策をも目指していた。残念ながら会社設立には至らなかったが、多くの技術的データやノウハウが蓄積された。

(3) 施工実績

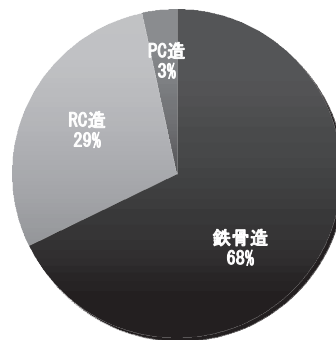
初めて本格的に行われた発破解体は、昭和61年2月の筑波万博国連平和館の解体工事である。これ以前の幾つかの小規模な事例や失敗例を合わせても100件未滿で、欧米諸国の実績に比べてかなり少ない。我が国では油圧式の圧碎機械やカッティング技術がよく発展し普及した。逆に、これらの工法が普及するのが遅かった欧米では発破解体の方が発展したとも考えられている。



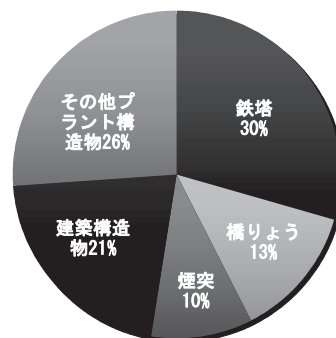
写真—2 筑波万博国連平和館の発破解体事例

我が国では、火薬類の消費行為にも厳しい行政指導があり、市街地での発破許可を受けることは大変に難しい。また、日本の構築物は耐震構造であるために壊れにくくコスト効果が少ないと考えられており、騒音や粉じん発生などの環境悪化が懸念されることも発展しない要因のひとつである。

過去62件の実績内容を図—1及び図—2に示した。鉄骨造のものが約7割であり、鉄塔や鉄橋あるいはプ



図—1 発破解体実績の構造別比率



図—2 発破解体実績の種類別比率

ラント構造物の事例が多い。

これは、市街地におけるRC造(鉄筋コンクリート造)の事例が少なく、山間部や工場内におけるものは鉄骨造が多かったためである。

3. 発破解体工法のメリットと問題点

解体工事における工法検討上の要素は、「早く、安く、より安全に」と昔からよくいわれてきた。近年、これらに加えて、資源のリサイクル化と地球温暖化防止などの新しい環境対策が必要となってきた。発破解体ではどうなのか、そのメリットと今後解決されるべき問題について整理してみる。

(1) メリット

- (a) 早い(工期短縮が可能)
- (b) 安い(ある程度以上の規模が条件)
- (c) 機材が小さい(狭い場所でも施工可能)
- (d) 破壊力が大きい(超高強度コンクリートも可)

元来、火薬を使用する最大の理由は、ほかの方法では壊すことができない、あるいは時間が掛かり過ぎるからである。したがって、(a)の「早い」と(b)の「安い」は単純に必然的といえる。特に発破解体の場合は、解体対象物の1部だけを発破で直接に破壊し、ほかの大部分は重力の作用と衝突エネルギーを利用して副次的に破壊するので、総合的に経済的な工法である。



写真—3 大型クレーンの発破解体事例



写真—4 災害を受けた送電線鉄塔の復旧工事

ただし、ある程度の規模の構造物でないと、全体に対する発破部分の割合が大きくなり経済性を担保できない。例えば、ビル等のRC建物では10階建て、煙突では高さ80mが経済的な境界といわれている。土木や鉱山で行われる大規模発破と異なり、小断面の柱や梁が対象で、起爆方法も複雑な秒時差を設定するため、発破部分だけを見ればほかの工法よりも高額となる。

(c)の「機材が小さい」は、大型の油圧ブレイカーや圧碎機、あるいはクレーンなどと比べて、発破に必要な機械類が小型であることだ。(d)の「破壊力が大きい」は、正に発破の特徴であり、 200 N/mm^2 の超高強度コンクリートでも破壊することが可能である。

(2) 問題点

- (a) 飛散物の発生
- (b) 騒音・振動の発生
- (c) 粉じんの発生

一般の多くの人々が「火薬」や「発破」という言葉から発生する危機感を抱くのはなぜか。戦争映画の爆発シーンや米国の9.11テロ事件などにも原因があるだろうが、上に列記した問題点が主な理由ではないかと考えられる。発破を行う者は、これらの問題点について十分に検討する必要がある。

(a)の「飛散物」は、前述した「都市発破委員会」や「はまなす委員会」でも実験されてきたことであるが、飛散防止養生材を効果的に取り付けることで防止できる。

(b)の「騒音・振動」は、^{せいはい}斉発薬量を少なくする方法や防音カバーを取り付けることで許容値まで低減させることが可能である。しかし、許容値については瞬間的なものなので騒音規制法や振動規制法に準拠する必要はなく、実害のない範囲ということになるが、地域によっては制限を受ける場合がある。

(c)の「粉じん」は、現在まで有効な方法がないのが実情である。外面への放水や、内部の床上に水の入ったビニール袋を大量に設置するなどの方法も試みられ

たが、効果は不十分であった。また、構造物の内面と外面に薬液を噴霧して粉じんの発生を防止する技術もあるようだが、破壊された断面から発生するものを防止することは難しい。

4. 発破解体の将来性

我が国では、周囲に迷惑を掛けず、静かに安全に解体する工法が良いと考えられている。しかし、解体需要は長く続く景気後退で減少傾向にあり、施工価格も過当競争等による下落が続いて安値で安定してしまっている感がある。

このような状況で、発破解体工法が都市部や市街地において発展する可能性は大きくない。ただし、周囲をそれほど気にする必要がない地域ではどうであろう。官民ともに経済的に厳しい中で、解体予算を削減できるならば、それにこしたことはない。解体工事が早く終われば新築工事にも余裕が持て、土地の有効活用も早期に期待できるので総合的にコスト低減となる。また、災害復旧等では、公共サービスの再開時期を早めることができる。

したがって、山間部や広大な敷地の中、あるいは時間的に限られた場合などの条件下であれば発破解体は有効な工法である。欧米で見られるような派手な発破ではなく、橋りょうの掛け替えや高さのある構造物の解体など、経済性と工期短縮という実用面で活用される可能性は大きい。

J C M A

【筆者紹介】

新藤 孝志（しんどう たかし）
 (株)カコー
 管理本部 企画開発部
 部長



ずいそう

ゴジラ襲来

田 中 康 正



1958年生まれ私、物心がついて最初に見た映画は1962年公開の「キングコング対ゴジラ」でした。当時4歳の子供にとっては細かいストーリーなどわかるはずもなく、只々でっかいスクリーンの中で暴れ回る巨大な2匹の怪獣の迫力に圧倒され恐怖におののいておりました。なかでもいまだに古いマニアの間では哺乳類顔の通称モスゴジ（「モスラ対ゴジラ」で使用されたスーツ）と人気を2分する通称キンゴジの不気味な爬虫類顔は秀逸で、夜な夜な夢に見てはおねしょをしたものです。

家に帰るとさっそく3歳上の兄と怪獣ごっこが始まります。何度もキングコング対ゴジラごっこを繰り返しますが、理不尽にも兄は必ず正義の味方のキングコング役で私は悪役のゴジラ役。最後には決まって取っ組み合いのケンカになりますが、幼い頃の3歳差はいかんともしがたく必ず私が泣かされて終わりとなりました。そのトラウマのせいか五十路を越えた今でも隠れゴジラマニアが続いております。

ゴジラとは数ある解説書でも言い尽くされている通り、ビキニ環礁近くでの水爆実験で目覚め凶暴化した古代生物の生き残りで、核兵器や核物質の権化として人類を恐怖のどん底に突き落とす存在です。ビデオやDVDのない時代、生まれる前の作品である1954年公開の「ゴジラ」を初めて見たのはテレビ放送でした。当時の角の丸い白黒テレビの中で暴れまわるゴジラでも充分怖さが伝わって来ましたし、ゴジラが通り過ぎた後の仮設病院の悲惨なシーンでは子供心にもやるせない気持ちになったものです。

そんな悪の権化であったはずのゴジラがいつの頃から正義の味方になって行くのでしょうか？

「キングコング対ゴジラ」公開から2年後の1964年に前出の「モスラ対ゴジラ」が公開されます。ここでもゴジラの悪役ぶりはいかに発揮され、スクリーンの中の人々は大八車に家財道具を積んで逃げ惑い、残留放射能に苦慮しています。

その後の2作品はゴジラを上回る悪役キャラの宇宙怪獣が登場してやや微妙な立場となりますがそれでも恐怖の対象である事には変わりありません。

しかし1966年に公開された「南海の大決闘」で一大転機を迎えます。そもそもこの物語は南海の孤島で密かに核兵器を作る秘密結社と遭遇した主人公たちがその島で眠っていたゴジラを目覚めさせ核兵器工場を

破壊させる物語です。劇中、宝田明氏（ご存知の通り第一作目の「ゴジラ」の主人公です）扮する大人の金庫破りが「核兵器を作る秘密結社もゴジラも人類の敵だ」と言うのに対し若者たちは「少なくともゴジラは中立だ!」と言うゴジラシリーズのターニングポイントとなるセリフが飛び出します。この瞬間からゴジラは恐怖の対象から正義の味方化していく事になります。

この「南海の大決闘」が公開された1966年とは世はまさにいざなぎ景気の真只中。日本の経済は大きく拡大を続け、ついには世界第2位の経済大国になっていきます。そして忘れてならないのがこの年の7月に茨城県の東海村で日本初の商用原子力発電所である東海発電所が営業運転を開始した事です。つまり1945年の被爆からずっと恐怖の対象であった原子力が一般家庭に明かりを灯した年に、偶然なのか意図的なものかゴジラが正義の味方への道を歩み出すのです。

調べていくとゴジラと原子力発電所には密接な関係があることに気がつきます。日本における原子力発電所計画は1954年3月に国会に提出された原子力開発予算から始まったとか。くしくもこの年の11月に第1作目の「ゴジラ」が封切られます。そして東海発電所で天然ウランが初臨界に達した1965年の5月頃と前後して2度宇宙怪獣を撃破したゴジラは前記の通り原子力発電所が営業運転を開始した1966年に恐怖の対象ではなくなるのです。

第一期原発製造ラッシュを迎える1970年代には、ゴジラは怪獣ランドでのんびり暮らしたり、当時大きな社会問題となっていた公害を具現化した公害怪獣を放射能光線で焼き払ったり、挙句の果てには度重なる核実験で暮らしを脅かされ地上を攻撃してきた海底王国をたたきのめしたり（本当にそれでいいのかゴジラ!）とどんどん人類の味方になりヒーロー化されていきます。

その後も原点復帰をしながらゴジラ映画は量産されていきますが、私は本来の放射能の権化であるはずのゴジラの恐怖を忘れておりました。今年の3月11日までは。平成23年3月11日、現実世界でゴジラ襲来が起こったのです。そして今でも放射能と言う目に見えぬ恐怖が続いています。

今日現在、日本には完全に飼いならしたはずのゴジラがまだ50頭以上眠っています。

——たなか やすまさ 範多機械(株) 特機部長——

ずいそう

繋ぐ夢

三 谷 齊



私は、演歌が好きでよく聞き、たまには歌います。特に堀内孝雄の歌が好きです…十八番は「時代屋の恋」…歌詞の出だしの～あんと二人で昭和の川を～から始まる文句が、自分の歩いて来ました昭和を愛おしく思い出させ、何とも胸が熱くなります。

初恋はいつの事やら遠い昔ですが…誰もが経験が有ろうかと想います。そして、何回かの恋も経て今日が有る訳ですね。

数少ない経験の中でもあの方はその後幸せに暮らして居るだろうか…懐かしく回想する歳になった自分が少し可笑しく思えます。

けれど、終戦後に生まれて高度成長期に青春を過ごして来た私は、恋もそうですが、子供時代から親の背中を見て育ち、いつの日か親の仕事を継いで建設業に携わっています。

わが社は明治39年創業でとうに100年が過ぎました。

初代が明治、大正、そして昭和30年代、その後2代～6代の間が有り私が7代目になりますが、丁度…昭和～平成に年号が替わった頃から社長を拝命し現在に至ってます。

長い社歴の中には数々の公共構築物がありますが、特に民間工事の中にはゴルフ場の開発工事が多数有りまして、高知県内は勿論の事、戸張捷さんには大変お世話になり、九州、関東等々のゴルフ場の工事に携わって参りました。

私も楽しいゴルフをします関係で友達が多く今でも週一は必ず行っていますが…俗に言います保険屋さんですね。ちなみにハンディーキャップ18は30年近く変わっていません。

県外のゴルフ場は、四国島内と瀬戸内は近いので時間が有れば仲間たちと行きます。一泊2プレーですね。

これからは気候も良いので、少しは足を伸ばし最近少し遠のいている関東方面も良いかな～っと考えてます。

バスを借り切り高速道～一般道に山間の景色を観ながら風情を楽しむのが最高ですね。

楽しい話ばかりでは無い現実を目を向けますと、公共工事の大幅な削減により、リストラや業種変更や転換等々の話もあちこちで囁かれてはいますが、今年の3月11日の東北大地震が日本を衝撃の渦に巻き込み、未だ残る現地の方々の心痛を考えれば、うかうかとしては居られないのも事実ですね。

私たち高知県の建設に携わる者としても、建設業協会会長の陣頭の下にすぐさま現地に応援体制をとの声で県下一円で奮い上がり、四国地方整備局の指示を待ちました。

まずは義捐金と物資を現地に送る事を、県を通じて行動を起こしたものです。

そして当社も、待ちに待った四国地方整備局のお声が4月にかかり、日ごろから訓練していました排水ポンプ車の応援の日が訪れまして…人選をすべしで検討に入りましたが、私が心配するのも取り越し苦労でした。

会社の全員の気持ちが一つになり、まだ余震が頻繁に起こる現地に乗り込んで行きたい者が続出し、逆に嬉しい選択に悩みましたが、優秀な社員を何班かに分けまして送り出す事が出来ました。

現地から帰って来ましたが疲れは勿論有りましたが、それより何より参加出来て少しのお役に立ったのではとの安堵感に溢れた顔を見て、私は少し抑えられない感情に浸りました。

災害はいつどの様に何処で起こるかは分かりませんが、少なくともこの約30年以内に70%以上の確率で必ず起こると言われてます、東南海、南海大震災の備えをしなければならぬと思いました。

私達の大先輩の方々が築いて来てくれました、偉大な日本の技術を、後に続く若者たちに繋ぐ夢が、私たちに有ると思います。

頑張れ東北、頑張れ日本、頑張れ若い世代よ…必ず私の好きな、演歌の詞ではないが…いつかきくと花咲く時が来る。

CMI 報告

溝を有する孔内に打設された
アンカーボルトの引抜き試験

寺戸 秀和

1. はじめに

コンクリートに打設されるアンカーボルトは、その引抜き抵抗ならびにせん断抵抗によってコンクリートに取り付けられる構造部材等を固定するものである。

通常のアンカーボルトの施工は、コンクリートの打設前に所定の位置にボルトを配し、その後コンクリートを打設する方法が採られる。一方、コンクリートの打設後にアンカーボルトが必要となるケースも多く、その場合には所定の位置を削孔し、ボルトの挿入と充填材の充填によってアンカーボルトを定着する方法が採られる。この方法は、あと施工アンカーとよばれ、土木・建築の分野で広く利用されている。

アンカーボルトの設計においては、その引抜き強度の評価が最も重要であり、一般にアンカーボルトの定着長さが長いほど引抜き強度も大きくなる。ただし、あと施工アンカーを行う場合には、周辺の施工条件によって削孔長が制約される場合も考えられる。その場合には、より径の大きいアンカーボルトとすることで引抜き強度を確保する等の対策が採られる。

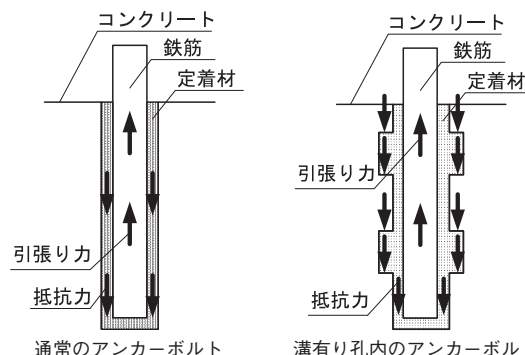
また、引抜き強度を高めるためには、定着材とコンクリートの接する表面積を拡大することが有効である。通常、あと施工アンカーにおける孔の内面は平滑であるが、孔の内面に凹凸を設けることができれば、定着材とコンクリートの接する表面積が拡大し、引抜き強度の向上が期待できるものと考えられる。

本報告では、「コンクリート穴の内面に溝を切削する内面溝切装置」（以下、孔内溝切装置という）を利用し、これにより削孔された孔にアンカーボルトを施工して引抜き強度を求めることを目的とした。写真—1

に同装置の外観を示す。孔内溝切装置によって削孔された孔は、図—1の概念図に示すように、通常の孔に比較して定着材とコンクリートの接する面積が大きくなる。このため定着長さが同一であれば、通常のアンカーボルトよりも高い引抜き強度が得られることが期待される。なお、本報告で述べるのは、当該試験業務の予備試験の結果である。



写真—1 孔内溝切装置

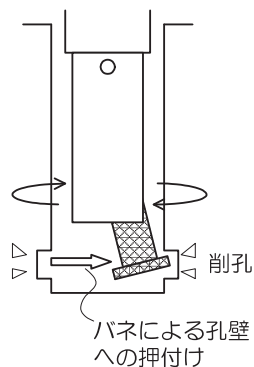


図—1 溝を有する孔内に打設されたアンカーボルトの効果（概念図）

2. 孔内の溝切り方法

孔内の溝切りに使用した孔内溝切装置は、通常の削孔方法で設けられた孔の内面に特殊なビットを挿入し、溝を設けるものである。孔内溝切装置による溝切り機構の模式図を図—2に示す。同装置による溝切りは、以下の手順で行われる。

- ①通常の削孔方法によって削孔された孔内に孔内溝切装置を挿入する。
- ②孔内溝切装置の円盤状の先端ビットが、同装置のロッド部に装着されたバネにより、孔壁に押し付けられる。
- ③孔壁に押し付けられたビットの外周にチップが配されており、ビットが回転することによって孔内に溝



図一2 溝切り方法の模式図



写真一2 溝切削孔後の孔内

が形成される。

写真一2に溝切削孔後の孔内の状況を示す。

3. 試験方法

(1) 供試体

アンカーボルトの引抜き試験には、当研究所が保有するコンクリート躯体を利用した。コンクリート躯体は2体（以下、躯体1、躯体2として区分する）あり、各供試体から採取したボーリングコアを用いて一軸圧縮試験を行った結果、供試体1の一軸圧縮強度は34.5 MPa、供試体2の一軸圧縮強度は39.0 MPaであった。

これらの供試体に鉛直方向の削孔を行い、孔内溝切装置によって所定の溝切りを行った。次に溝切りした孔内にエポキシ樹脂系注入接着剤を充填し、その後、異型鉄筋（D35, SD345）を挿入することで、アンカーボルトを施工した。写真一3に、施工後のアンカーボルトの状況を示す。



写真一3 試験に用いたアンカーボルト（躯体1）

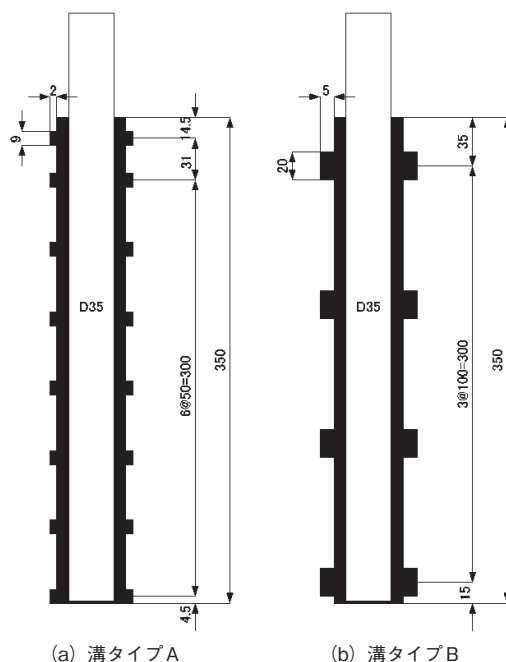
(2) 試験ケース

表一1に試験ケースを示す。試験は、孔内の溝の形状と定着長さをパラメータとして、これらの違いによる引抜き強度の相違について考察することを目的とした。溝の形状については、溝タイプA（深さ2 mm、高さ9 mmの溝を50 mm間隔で設置）と溝タイプB（深さ5 mm、高さ20 mmの溝を100 mm間隔で設置）の2種類とした。図一3に溝タイプの模式図を示す。

表一1 試験ケース

ケース	定着長さ※	溝タイプ	使用躯体
1-1	10D (350 mm)	A	躯体2
1-2		B	躯体1
1-3		溝なし	躯体1
2-1	8D (275 mm)	A	躯体2
2-2		B	躯体1
3-1	5D (175 mm)	A	躯体1
3-2		B	躯体2

※D：鉄筋の径（35 mm）



図一3 試験に用いた溝タイプ

(3) 試験手順

写真—4 に試験装置の配置図を示す。アンカーボルトの引抜き試験には、ラムチェア上に設置したセンターホールジャッキ（揚量：700 kN，ストローク：50 mm）を使用した。

同ジャッキによってアンカーボルトの引抜きを行い、引抜き荷重とボルトの引抜き方向の変位量を計測した。ジャッキへの载荷は手動の油圧ポンプによって行い、荷重の増加が認められなくなるまで载荷した。



写真—4 試験装置の配置図

4. 試験結果

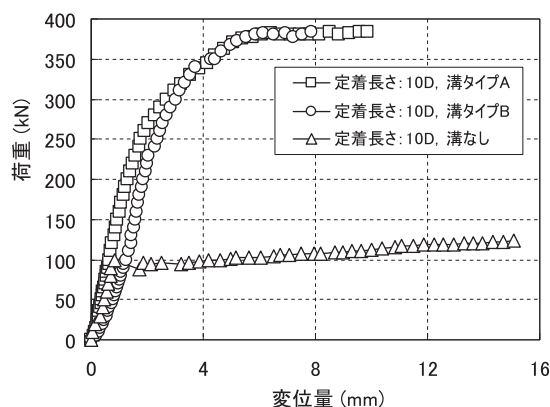
試験の結果から得られた変位－荷重関係を定着長さごとにとりまとめて図—4～6 に示す。

図—4 の定着長さ 10D（350 mm）の結果によると、溝がないケースでは降伏荷重が 110 kN であるのに対し、溝を有するケースでは溝タイプ A で 381 kN，溝タイプ B で 380 kN の降伏荷重となっている。また、図—5 に示す定着長さ 8D（280 mm）のケースにおいても、ほぼ同様の変位－荷重関係となっている。

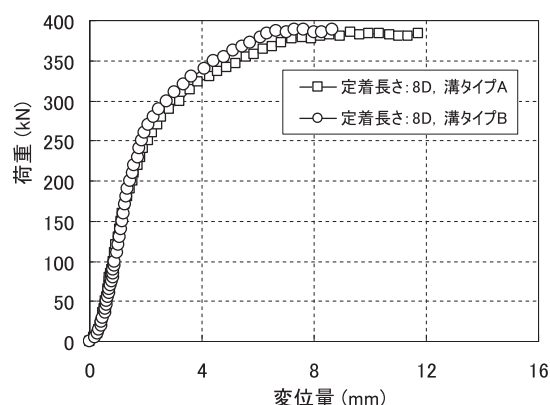
鉄筋の降伏強度が 345 kN であることを考慮すると、溝を有する場合は鉄筋と充填材の付着力が高く、アンカーボルトの引抜き強度は、鉄筋の引張り強度に依存すると考えられる。

一方、図—6 に示す定着長さ 5D（175 mm）のケースでは、溝タイプ A で 180 kN，溝タイプ B で 165 kN の降伏荷重となっており、鉄筋の降伏強度よりも低い値となっている。このことから定着長さ 5D のケースにおける降伏は、定着材の破壊によるものと考えられる。

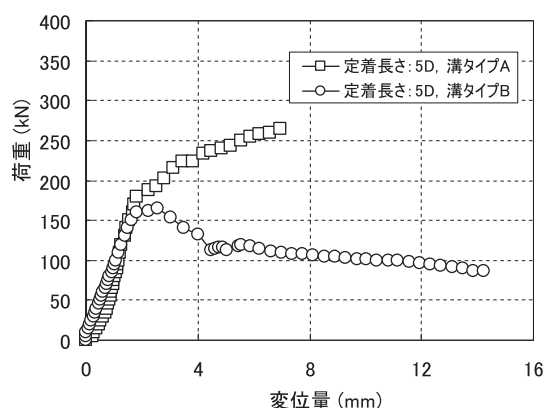
写真—5 は、溝タイプ A における試験後の表面の



図—4 変位－荷重関係（定着長さ 10D）



図—5 変位－荷重関係（定着長さ 8D）



図—6 変位－荷重関係（定着長さ 5D）

状態である。同写真によると、定着長さ 5D のケースでは、アンカーボルト周辺のコンクリートが破壊されているのに対し、定着長さ 8D および 10D のケースでは破壊は見られない。

以上の結果から、定着長さ 5D では、定着効果が小さいために鉄筋の降伏に先立って鉄筋とコンクリートの付着切れが生じるのに対し、8D および 10D では、孔内に溝を設けることにより、鉄筋の降伏荷重以上の付着効果を得られることが示唆されているものと考えられる。なお、今回の試験結果からは、溝タイプの違いによる引抜き強度の顕著な相違は認められなかった。



(a) 定着長さ 10D (350 mm)



(b) 定着長さ 8D (280 mm)



(c) 定着長さ 5D (175 mm)

写真—5 試験後の表面 (溝タイプ A)

5. おわりに

当該試験では、溝形に削孔された孔にアンカーボルトを施工し、その引抜き強度を求めた。その結果から、溝を有する孔に施工されたアンカーボルトは、溝のない孔に対して付着強度が高められることを示した。この結果から、溝を設けることでアンカーボルトの定着長さを短くするなどの設計上への反映も期待される。

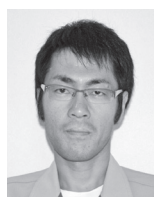
本報告では、当該試験業務の予備試験の内容のみを述べた。本試験では、ボルトのひずみ計測、充填材の種類の追加を行う予定である。また、引抜き試験後、溝削孔の状況および定着状況を確認するために、ボルト周辺のコンクリートを切断して目視確認を行う予定である。これらの結果については、次の機会に改めて報告する予定である。

謝辞：本報告は、田中ダイヤモンド工業(株)の委託により実施した試験の結果をとりまとめたものである。また、本試験で使用した孔内溝切装置は、田中ダイヤモンド工業(株)発明の「コンクリート穴の内面に溝を切削する内面溝切装置」(特願 2010-141553)である。本試験の実施にあたり孔内溝切装置による削孔を行って頂いた田中ダイヤモンド工業(株)代表取締役 田中光好氏、同取締役 田中大介氏、同営業部長 高橋直樹氏に謝意を表す。また、(株)K&T こんさるたんと代表取締役 肥田研一氏には試験計画を立案いただいた。ここに記して謝意を表す。

J C M A

【筆者紹介】

寺戸 秀和 (てらと ひでかず)
(株)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所
研究第一部
技術課長



部 会 報 告

我が国における締固め機械の変遷（その3. 昭和50年代）

機械部会 路盤・舗装機械技術委員会（締固め機械変遷分科会）

昭和50年（1975年）

三菱重工業(株)

MR10 タイヤローラ
6.5～10トン（写真3—1）を発売した。円滑な変速が可能なシンクロメッシュ変速機、パワースhift操向装置、軟弱地盤走行に強いオートデフロック装置を採用した。

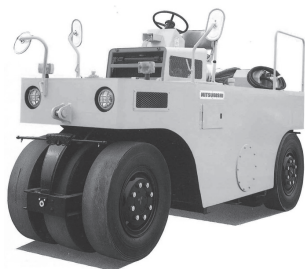


写真3—1 三菱重工業(株) MR10

日本ボーマク(株)

BW75SL-5 搭乗式振動ローラ 1.26トン（写真3—2）生産、販売開始。BW75Sをベースとし、後部にタイヤ3本、座席、ステアリングハンドルを装備した。

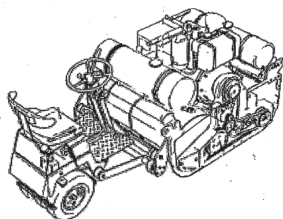


写真3—2 日本ボーマク(株) BW75SL-5

川崎重工業(株)

KVR7T コンバインドローラ 6.3トン（写真3—3）

全油圧駆動方式で、路床から表層までこなす。鉄輪＋タイヤ＋振動転圧するローラである。



写真3—3 川崎重工業(株) KVR7T

三笠産業(株)

MDR-20N タンデム型振動ローラ 1,750 kg（写真3—4）

ヤンマー 3T72HL 型 17.5 ps ディーゼルエンジンを搭載し、振動数 3,500 vpm は前後輪それぞれ 1,500 kgf の遠心力を生み出す 2 トンローラを発表。当時は 4.5 トンロー



写真3—4 三笠産業(株) MDR-20N

ラ主流の時代に軽量 2 トンのローラを発売し時代の先駆けとしての意義は深く、運動場の整備等にも活躍した。

MTR-M45 電動ランマ 46 kg（写真3—5）

グリス潤滑式で重量 46 kg のランマは、三菱電機製整流子モータ（単相入力 100 V）を使用し、回転数 1,500 rpm を 500～600 回の連続的な上下運動に減速し路盤に衝撃を与えながら前進して締固める。



写真3—5 三笠産業(株) MTR-M45

MVC-M60 電動プレートコンパクタ 65 kg（写真3—6）

電動モータ搭載モデル。三菱電機製モータで、毎分 12～16 m のスピードで前進する電動 2 軸偏心式平板締固め機械である。



写真3—6 三笠産業(株) MVC-M60

(株)明和製作所

RA-110, 80, 60 ランマ 重量 115, 80, 60 kg（写真3—7）

従来機より大幅な軽量化（5～8 kg）を図り、より耐震性のアップした 2 サイクルガソリンエンジンを搭載。操作性、耐久性、作業性の向上をアップした RA シリーズを発売した。



写真3—7 (株)明和製作所 RA-110, 80, 60

昭和 51 年 (1976 年)

(株)明和製作所

MRA-5, 65R, 65K,
65H, 85K ハンドガイド
振動ローラ 重量 550,
600, 650, 650, 850 kg
(写真 3-8)

初めての油圧式 (一体
型 HST) の両輪駆動, 両輪振動ハンドガイドローラ
の生産販売を開始した。

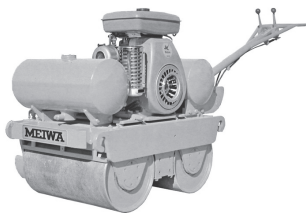


写真 3-8 (株)明和製作所 MRA-5

三菱重工業(株)

VR7 タンデム振動
ローラ 6.7 トン (写真
3-9) を発売した。予
めセットした速度, 振幅,
振動数をレバー 1 本の操
作で作動させることがで
きるプリセット機構を採
用した。



写真 3-9 三菱重工業(株) VR7

日本ボーマク(株)

BW90T (A) 全油
圧式搭乗型タンデム振動
ローラ 2.5 トン, 起振力
2.5 トン (写真 3-10)

ドイツオリジナル機を
ベースにエンジン, 油圧
機器等, 殆どの部品を国
産化した。

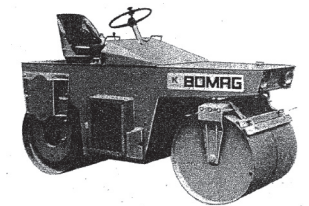


写真 3-10 日本ボーマク(株) BW90T

昭和 52 年 (1977 年)

(株)明和製作所

MVR-11 簡易搭乗型
振動ローラ 1,100 kg (写
真 3-11)

MVR-10 の改良型機
で, 夜間工事用にライト
を装備した。



写真 3-11 (株)明和製作所 MVR-11

KP-6 長方形平板型プ
レートコンパクタ 60 kg
振動板幅 350 mm (写真
3-12)

振動板の形状を簡素化
し軽量化を図ると同時に



写真 3-12 (株)明和製作所 KP-6

耐摩耗性鋼板を使用することにより耐久性を向上させ
た。

また, 起振機を振動板の前方に配置することで進行
速度が速く作業効率のアップを図った。

三笠産業(株)

MVC-300 前後進プ
レートコンパクタ 340 kg
(写真 3-13)

国産初の機械式前後進
プレートコンパクタを発
表。路盤の締固めに適し
た固有振動数 3,000 vpm
に近い 2,500 vpm の振動
数を生み, 毎分 18 m で走行する 4 サイクルガソリン
エンジン EY25-2D を搭載する。2 軸の偏心振り子の
位相角度を制御して前後進方向にエネルギーモーメン
トを集中させ前後進の切り替えを可能にした。



写真 3-13 三笠産業(株) MVC-300

酒井重工業(株)

SV90 振動ローラ 9.5 トン (写真 3-14)

大型振動ローラについては, 欧米メーカに比べ後発
であり, 国内外で苦戦を強いられていた。そこで, 系
列機種 of 充実を図るため, 10 トンクラス of 大型振動
ローラを開発した。主な特徴は不陸地においても振動
輪および駆動輪が均一に接地して走行 of 安定性がよい
アーティキュレートフレームを備え, 後輪には走破性
の high 低圧タイヤを装備し, 全油圧により前輪は振動
し, 後輪は駆動する。また, 後輪 of アクスルには歯車
式 (ノースピンデフ) 差動機構を備えており, 旋回や
スリップ時に効力を発揮した。



SV90 外観



均一な接地状況



アーティキュレート

写真 3-14 酒井重工業(株) SV90

川崎重工業(株)

KR20C タイヤローラ
20 トン (写真 3-15)

前 4 輪後 5 輪構造で水
と鉄の組み合わせにより
転圧重量調整可能であ
る。オービットロール方



写真 3-15 川崎重工業(株) KR20C

式のステアリングシステムを採用し自吸式水ポンプを装備した。

昭和 53 年 (1978 年)

(株)明和製作所

MUS-12 簡易搭乗型
振動ローラ 1,200 kg
(写真 3—16)

MVR-11 の駆動を油圧式 (一体型 HST) に改良した両輪駆動、フレーム振動、座席が着脱式の構造になっている簡易搭乗型ローラである。



写真 3—16 (株)明和製作所 MUS-12

VP-7 正方形箱型プレートコンパクト 70 kg (写真 3—17)

振動板幅 500 mm VP-70 の改良機。防振ゴムの取付けを変更し、耐久性を向上させる。エンジン台の簡略化を図った。



写真 3—17 (株)明和製作所 VP-7

VP-8 正方形箱型プレートコンパクト 80 kg (写真 3—18)

振動板幅 500 mm VP-7 の姉妹機。防振ゴムの取付けを変更し、耐久性を向上させた 4 サイクルガソリンエンジンを搭載した機械で、VP タイプのシリーズ化として発売した。



写真 3—18 (株)明和製作所 VP-8

P-9 長方形箱型プレートコンパクト 90 kg (写真 3—19)

振動板幅 400 mm P-8 の姉妹機。

P タイプのシリーズ化として発売する。



写真 3—19 (株)明和製作所 P-9

三笠産業(株)

MVC-130V, S プレートコンパクト 重量 125, 120 kg (写真 3—20)

当時としては画期的な方式で起振体の可変式偏心振りを手動で切り替えて遠心力を変化させ 2 段階の遠

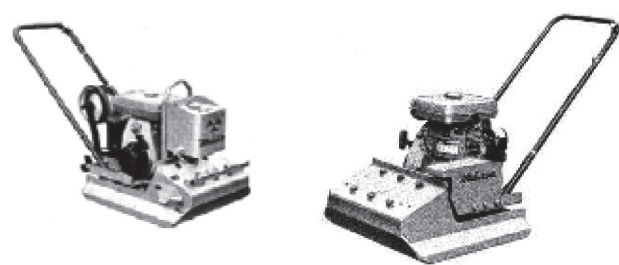


写真 3—20 三笠産業(株) MVC-130V, S

心力を実現した平板式締固め機械を発表した。

オプションとして舗装時に必要な金属製水タンクも用意された。

渡辺機械工業(株)

WV4000 タンデム型振動ローラ 4 トン (写真 3—21)

起振装置に油圧ダイレクトドライブを採用し、機構を簡略化する事で信頼性向上を図った。

同シリーズに 3 本タイヤの WV4000C と 4 本タイヤの WV4000CD の 2 種類のコンバインドローラも有った。プロポーションこそ今日のローラとほぼ同じだが、ステアリング方式は後案内輪式であり、構造的な制約で後輪には駆動モータが無い構造である。

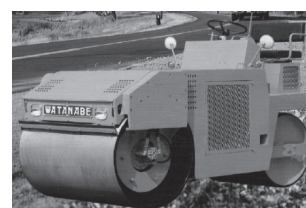


写真 3—21 渡辺機械工業(株) WV4000

昭和 54 年 (1979 年)

(株)明和製作所

RT-75 ランマ 75 kg (写真 3—22)

安全性、メンテナンス、オペレータの手元振動を考慮した、エンジン直結型ランマの製造販売を開始する。RA タイプと異なり、エンジンを本体に直接取り付けることにより回転部分の露出がなく、安全性にすぐれている。本体は、ベローズ (蛇腹) により密閉構造になっているため防塵性に優れており、自動潤滑式 (オイルバス式) になっているためグリスアップの必要がない。また、操作ハンドルに特殊防振ゴムを取り付けオペレータの手元振動を減少させた。機体の高さが低く、低重心のため横転することがない。

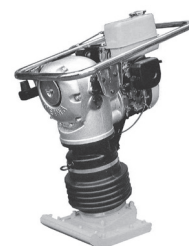


写真 3—22 (株)明和製作所 RT-75

RA-60M ランマ 80 kg (写真3—23)

RA-60 に 3 相 交 流 200V のモータを搭載し、夜間工事における騒音の低減、屋内等の密閉された場所での使用ニーズに対応した。



写真3—23 株明和製作所 RA-60M

渡辺ダイナパック(株)
(現株日立建機カミーノ)

CA25 振動ローラ
10 トン (写真3—24)

走行モータに内蔵された駐車ブレーキは、油圧により解除されるネガティブ作動ブレーキで、機器不具合時には自動的に作動するフェイルセーフシステムになっていた。以降の油圧駆動式ローラには全てほぼ同様の機構が搭載されている。



写真3—24 渡辺ダイナパック(株) CA25

CC21, 41 タンデム振動ローラ 7, 10 トン (写真3—25)

連続・断続切替式の電動加圧式散水装置を備え、運転席は脱着式のシートを左右差替えて使用できた。前後輪それぞれに高低2段の切替式振動機構を備えていた。散水タンク容量は450リットル2基と大きく、給水頻度を低減した。



写真3—25 渡辺ダイナパック(株) CC21

昭和55年(1980年)

日本ボーマク(株)

BW60HG, BW60HD ハンドガイド振動ローラ
600 kg 起振力1.6 トン (写真3—26)

ポンプ、モーター体型のHST使用の走行油圧駆動。

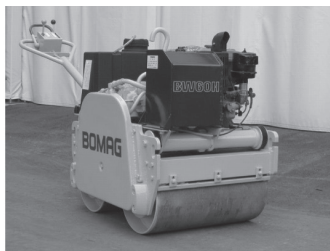
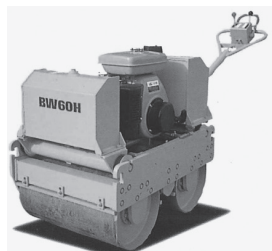


写真3—26 日本ボーマク(株) BW60HG, BW60HD

右側の振動、走行駆動部を一行に配置し、ドラムからのオーバーハングを少なくしたコンパクト設計である。

酒井重工業(株)

SW, TW40 振動ローラ 4 トン (写真3—27)

SW型のシリーズ化に基づき開発され、本機のローラエッジはフレームより出ており、カーブクリアランスが大きいので、舗装端部を視認しながら路幅一杯まで転圧ができる。また、センターピン部にはチルト機構を設け、平坦性の優れた転圧が可能である。

TW型の後輪にはタイヤを4本装着し、このクラスのコンバインドローラでのタイヤ駆動型は本型機が初めてである。



写真3—27 酒井重工業(株) SW40, TW40

渡辺ダイナパック(株)
CA15 振動ローラ
6 トン (写真3—28)

海外では主にトレンチ用として使われるサイズだが、中小規模の盛土転圧工事用として輸入された。



写真3—28 渡辺ダイナパック(株) CA15

昭和56年(1981年)

株明和製作所

VP-110R 正方形箱型プレートコンパクタ 155 kg
ロール幅570 mm (写真3—29)

インターロッキングブロック施設専用が開発されたプレートで振動板下に硬質ゴム製ロールを4本連結することで、ブロック表面にキズをつけることなく、安定して転圧することができる。



写真3—29 株明和製作所 VP-110R

KP-6T 長方形平板型プレートコンパクタ 68 kg
振動板幅 400 mm (写真 3—30)

運搬、移動用に便利なタイヤを装備したプレートで KP タイプのシリーズ化として発売した。



写真 3—30 株式会社明和製作所 KP-6T

川崎重工業(株)

K-10 マカダムローラ 9.5 トン (写真 3—31)

低騒音型建設機械で左右だけでなく前方からも乗降可能であり、ワンタッチキャノピ標準装備である。



写真 3—31 川崎重工業(株) K-10

KR20D タイヤローラ 8.5～19.5 トン (写真 3—32)

エアマスタブレーキシシステムを採用しクラス最大の 108 馬力のエンジンを搭載する。オービットロール方式のステアリングシステムを装備する。



写真 3—32 川崎重工業(株) KR20D

酒井重工業(株)

PC6A, PC7S プレートコンパクタ 重量 60, 70 kg (写真 3—33)

それぞれ PC6 型, PC7 型のバリエーション機として開発。A 型は起振機ケースと振動板が溶接により一体化された型式であり, S 型はアルミ製起振機ケースを振動板にボルト締結した型式。



写真 3—33 酒井重工業(株) PC7S

昭和 57 年 (1982 年)

酒井重工業(株)

SV91 振動ローラ 10 トン (写真 3—34)

前後輪共にサイズアップし, 軟弱地盤での作業性の向上を図っているが, 主な構造, 特



写真 3—34 酒井重工業(株) SV91

長は SV90 型と略同じである。引き続いて, D 型 (10.5 トン), および T 型 (12 トン) を開発した。以降順次各種バリエーションが開発されている。

VT6 タンパ 60 kg (写真 3—35)

小型機種への対応方針に従い, プレートコンパクタに引き続いて開発した。本機の動力機構は原動機直結型なので, 動力伝達効率が良く, 安全性が高く, 低重心で直進性に優れ, オペレータへの振動伝播が少ないなどの特徴を有している。



写真 3—35 酒井重工業(株) VT6

株式会社明和製作所

MG-7 ハンドガイド振動ローラ 700 kg (写真 3—36)

走行は油圧ポンプと 1 油圧モータの分離形 HST で両輪ギヤ駆動方式を採用することにより, 今までのチェーン駆動方式に比べ走行輪のバックラッシュが低減され, 安定した舗装作業が可能になった。また密閉型ギヤドライブ方式なのでメンテナンス性が向上。

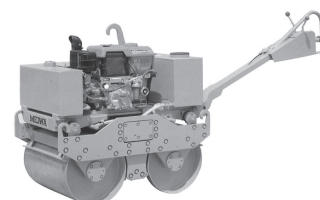


写真 3—36 株式会社明和製作所 MG-7

安全対策として, 後進時挟まれ事故防止装置, 車輪ロック方式の駐車ブレーキ, 1 本吊りフックを装備する。本機種の途中より水タンクを樹脂化する。振動は 2 軸偏心のフレーム振動。

日本ボーマク(株)

BW121AD タンデム型センターピン式振動ローラ 4 トン 起振力 4.6 トン, BW 121AC コンバインド型センターピン式振動ローラ 3.6 トン 起振力 2.3 トン生産, 販売開始 (写真 3—37)

センターピン式振動ローラ。運転席を車体中央に設け, 前進時, 後進時の視界, 操作性を同様にした。



写真 3—37 日本ボーマク(株) BW121AD, AC

ダイナパック渡辺(株)
(現(株)日立建機カミーノ)
CG15C コンバイン
ドローラ 4トン (写真
3—38)



写真 3—38 ダイナパック渡辺(株)
CG15C

WV4000CD の後継機にあたる案内輪式ステアリング方式のモデル、外観設計にデザイナーを起用しデザイン賞を受賞した。低い車体全高からエンジン等の主要機器を低く配置しなければならなかったが、結果、低重心化により安定性が向上し、横転角 36 度と登坂能力 24 度を得た。

昭和 58 年 (1983 年)

三笠産業(株)

MVC-90R プレートコンパ
クタ 160 kg (写真 3—39)

歩道や公園に使用されるインターロッキング施工に最適な機械として、平板締め機械の下に 4 本のゴムローラをつけ、ブロックの隙間を埋める砂の締め密度を向上させるとともにブロック面を平坦に整える目的で使われた。



写真 3—39 三笠産業(株)
MVC-90R

ダイナパック渡辺(株)

CS12 マカダムロー
ラ 10～12 トン (写真
3—40)

今日的なマカダムローラと同様に前 2 輪・中折れ式ステアリング・全輪同径であるが、当初、運転席は 1 ハンドルで旋回式であった。昭和 60 年 (1985 年) に 2 ハンドル化され、その後平成 11 年 (1999 年) のフルモデルチェンジまで、数々のマイナーチェンジを経ながらも生産が続いた。

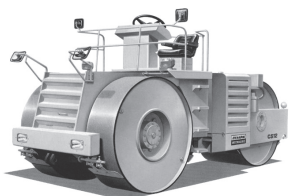


写真 3—40 ダイナパック渡辺(株)
CS12

鹿島道路(株)

フォークリフト搭載型
転圧ローラ (写真 3—
41)

フォークリフトの前部に転圧ローラの架台フレームを取付け、牽引ワイヤがフォークに固定さ



写真 3—41 鹿島道路(株) フォークリフト搭載型転圧ローラ

れているため、フォークの上げ下げによってローラの昇降を行う。セッティングが容易で機動性に富む。

ローラ部重量は 1.2 トンである。

電動式転圧ローラ (写真 3—42)

電動モータを搭載しているので自走できる。ロッド端部に前後進切替スイッチがあり、転圧時には作業員 1 人がサポートする。

ローラ部重量は 150 kg である。



写真 3—42 鹿島道路(株) 電動式転圧ローラ

昭和 59 年 (1984 年)

日本ボーマク(株)

BW10 被けん引式振
動ローラ 10.8 トン 起
振力 18 トン (写真 3—
43)

ドラム後部に起振用のディーゼルエンジンを搭載した、大規模土木工事用の被けん引式振動ローラで、ブルドーザ等でけん引する。

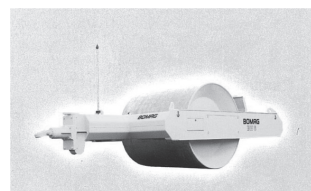


写真 3—43 日本ボーマク(株)
BW10

川崎重工(株)

KVR4 コンバインド
ローラ 4 トン (写真 3—
44)

低騒音型建設機械で可変振動機構採用し、全油圧駆動方式、オービットロール方式のステアリングを採用している。エンジンフードが両サイドから簡単に全開可能である。自動振動装置 (前後進レバーが前進もしくは後進に入ると振動を開始し、レバーが中立になると振動を停止する機構) を装備する。



写真 3—44 川崎重工(株)
KVR4

三笠産業(株)

MRV-14 振動ローラ
1,390 kg (写真 3—45)

MDR-11 型の転圧概念を生かし、新モデルとして発表。前輪が上下に跳ね (最大振幅 13 mm) 締め固めるタイプは他メー

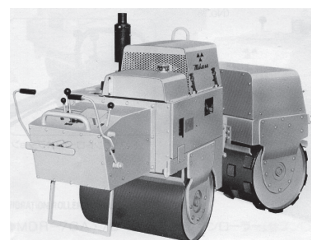


写真 3—45 三笠産業(株) MRV-14

力を圧倒する独特の設計であり、特に米国でも需要が高く大量生産された。振動数を 1,300 vpm と低く抑え 1,510 kgf の遠心力と上下の大きな振幅はより一層の転圧効果が生まれた。

MT-65 ランマ 69 kg
(写真 3-46)

オイル潤滑式ランマ MT-50 の姉妹機として新たに MT-65 型が開発された。ロビン EC10G 空冷 2 サイクルエンジンの性能を最大限に発揮させ、回転数 3,600 rpm を毎分 600 ～ 690 回の上下打撃ストロークに減速し、ジャンプ量も 60 ～ 70 mm へと飛躍的に改善され現在の主力モデルの基礎となる。

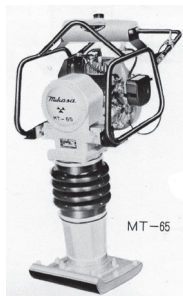


写真 3-46 三笠産業(株)
MT-65

MVC-R85 前後進
プレートコンパクタ
85 kg (写真 3-47)

軽量化が進む前進プレートの流れを受け、アスファルト仕上げも可能な機械式前後進バイプロを発表。2 軸偏心振り子が生む 1,400 kg の遠心力は、従来表層の平滑仕上げを求められた前進プレートと異なり、路盤の締固めにも有効に働く。



写真 3-47 三笠産業(株)
MVC-R85

酒井重工業(株)

T2 タイヤローラ
9.0 ～ 15.5 トン (写真 3-48)

施工品質の向上を目的に、TS150 型をベースに超ワイドタイヤを装着した。主な構造・特徴は、幅 370 mm、扁平率 60% の超ワイドタイヤを前 3 輪、後 4 輪に装備し、前後輪のオーバーラップ量を 55 mm 確保した締固め幅が 2,260 mm (従来機 2,020 mm) のタイヤローラを開発した。本型機の開発以降、市場の高評価を得て多数生産販売され、以降国内ではワイドタイヤがタイヤローラの主流となっていく。



写真 3-48 酒井重工業(株) T2

(株)明和製作所

RTc-65 ランマ 65 kg
(写真 3-49)

本機は、溝の締固めに対応すべく開発された機械である。従来のランマは、溝の締固めにおいて、方向転換の際にエンジン部分が邪魔になるという欠点があった。

本機は、エンジンの取付位置を上方に移動することにより、その問題を解決した。伸縮性が良く、ネジレに強いベローズを採用したことにより、いままで使用していた 2 本のガイド軸を廃止し、内部機構を単純化し軽量化を図った。



写真 3-49 (株)明和製作所
RTc-65

=====トピックス=====

昭和 57 年 (1982 年)

酒井重工業(株)

RECOM (Reverse Commander: 舗装面転圧管理装置) (写真 3-50)



写真 3-50 酒井重工業(株)
RECOM

今までの道路施工の品質管理は、オペレータの経験、勘、技能に依存していた。そこで、転圧作業 (転圧回数) の均一化を行う転圧管理装置を開発した。本装置は、走行時の転圧距離を正確に計測し、転圧エリアを平行四辺形状に展開し、パス回数毎に折り返し地点をずらし、設定された平行四辺形状を維持しながら移動して行く。従って、舗装転圧の熟練工でなくてもムラの無い均一な転圧作業が行えた。

ミハール (超音波式安全監視装置) (写真 3-51)

建設作業現場における安全管理、事故防止が重要視され、締固め機械による災害発生防止の為に障害物検知装置を開発した。現場において作業車や障害物を非接触にて検知する為、センサ部の汚れや塵埃に強い超音波を利用した。本装置は時代と共にその重要性を増し、以後、ミハール II, III, IV, V とシリーズ化され、事故防止の一端を担う装置となった。

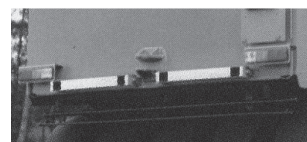


写真 3-51 酒井重工業(株)
ミハール

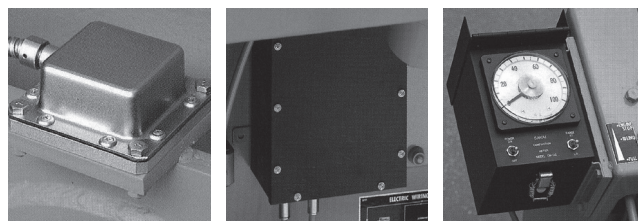
昭和 58 年（1983 年）

ARCS（Automated Roller Control System：舗装面転圧自動管理装置）

RECOM の機能に自動走行・操舵機能を加え、自動化による品質管理を図った装置。当時としては、画期的な装置であったが、GPS が普及していない時代だったので位置管理が不十分で、走行時の車両のずれが生じた場合、位置補正が困難など実稼働には至らず量産は見送られた。

コンパクションメータ（締固め管理装置）（写真 3—52）

従来、密度測定はコア採取やプルフローリング等に行われており、より簡便で合理的な締固め管理が望まれていた。当社は振動ローラの転圧において、密度により振動波形が変異することに着目し、この原理に基づいたコンパクションメータを開発した。本装置の特長は、振動部に設置されたセンサが振動波形を取り出し、プロセッサで演算処理を行い、波形の違いの程度をインジケータに表示するので、土の層全体の支持力を即時かつ連続的に知ることができた。



センサ プロセッサ インジケータ

写真 3—52 酒井重工業(株) コンパクションメータ

=====

次号では、（その 4. 昭和 60 年～63 年）を掲載いたします。

J C M A

参考文献

日本建設機械要覧

写真提供

鹿島道路(株)
 (株) KCM（川崎重工業）
 キャタピラー・ジャパン(株)
 コベルコ建機(株)
 酒井重工業(株)
 (株)日立建機カミーノ
 三笠産業(株)
 (株)明和製作所

平成 23 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 710 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。

社団法人 日本建設機械化協会

〒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>

部 会 報 告

京極発電所新設工事見学会

建設業部会

1. はじめに

建設業部会では、事業活動の一環として、各地の代表的な建設現場や機械メーカーの見学会を実施し、その内容を本書の活動報告として紹介している。本年は、平成23年7月22日に北海道の発電用揚水式ダムである京極発電所の工事見学会を実施したので報告する。本見学会は、建設業部会とレンタル業部会の合同とし、参加者は31名である。

2. 工事概要

京極発電所建設工事は、北海道虻田郡京極町の北部に位置する。京極町は、湧水で有名な町であり、その水は名水百選に選ばれる程である。京極発電所は、その豊富な水資源を利用した北海道では初めての純揚水

式発電所である。

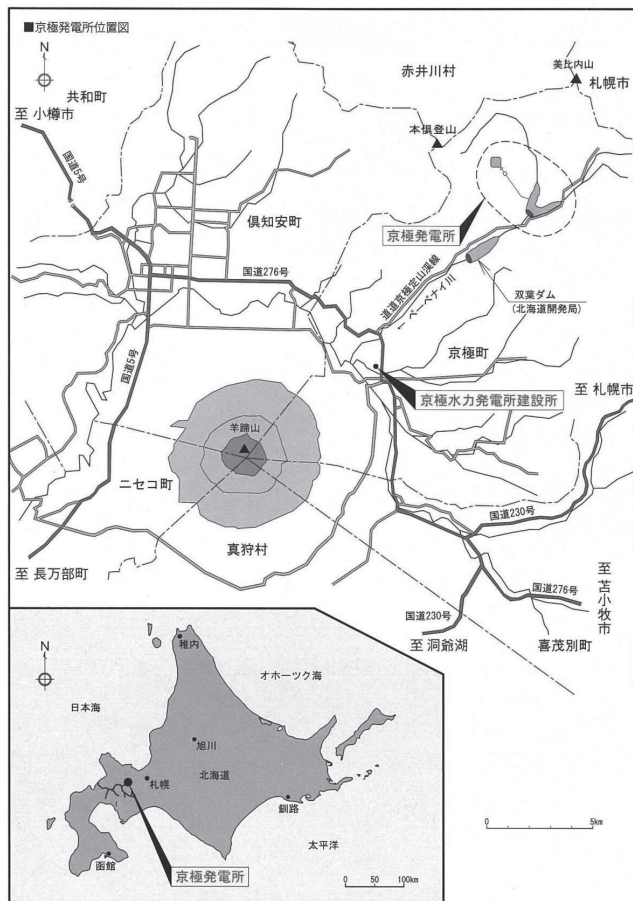
現在、高さ22.6mの表面アスファルト遮水壁型フィルダム体による上部調整池と高さ54.0mの中央土質遮水壁型フィルダムの下部調整池を構築中であり、完成後は、夜間電力により下部から上部調整池へ取水した水を利用して有効落差約370mの最大600,000kWの発電が可能となる予定である。

また、工事場所に関しては、豪雪地域のために稼働期間が夏季の5ヶ月に限定される条件であり、かつ、周辺は貴重な湿原群が分布しており、希少植物や絶滅危惧種の生物などが生息している。そのため、工期や環境保全に対して様々な工夫が行われている。

3. 施工内容

現場内容に関しては、安部課長（北海道電力(株)）および村木所長（鹿島・大林・飛鳥・伊藤組共同企業体）らによる説明がされた。

代表的な工法としては、①施工の合理化および施工精度の向上を目的とした情報化施工、②アスファルト表面遮水壁における上部遮水層の舗設に関して、従来は2層に分けて行う厚さを1層で行う事で、敷均し後の温度低下を抑制し、工期の短縮およびコストダウンが期待できる厚層舗設工法、③上層路盤に中温化技術を応用したアスファルト安定処理工法によって、環境への負荷が小さく、急速施工が可能となるフォームドアスファルト混合物などの紹介がなされた。



図—1 位置図（工事パンフレットより抜粋）



写真—1 現場説明会

4. 現場見学会

現場は、主に斜面部の施工が行われており、工区に分かれて上層路盤、中間排水層と上部遮水層の舗設、保護層のアスファルトマシチック塗布が同時に行われている状況であった。

材料や車両の輸送を行うインクラインは、稼働中に注意喚起として音楽が流される。搬入時は、アニメ宇宙戦艦ヤマトの主題歌「宇宙戦艦ヤマト」、搬出時にはZARDの「負けないで」である。担当者は、“現場へ向かう時は闘志を燃やし、現場から出る際は失敗にめげないように”といった理由で選曲したとの説明があった。



写真一 上層路盤の施工状況 (3D-MC システムを搭載したブルドーザ)



写真一 大型ウインチ機械



写真一 インクラインによる輸送状況



写真一 斜面部の施工状況

5. おわりに

今回の見学会は、特殊な斜面部の施工について様々な工種を同時に見学することができ、また、天候にも恵まれて非常に有意義な内容であった。最後に大変忙しい中、説明会や現場説明などの対応をして頂いた工事関係者に深く感謝いたします。

J C M A

[筆者紹介]

水野 孝浩 (みずの たかひろ)
大成ロテック(株)
事業本部 技術研究所

部 会 報 告

九州新幹線（西九州）、俵坂トンネル（西）他工事見学会後記

機械部会 トンネル機械技術委員会

1. はじめに

機械部会トンネル機械技術委員会では、平成 23 年 6 月 24 日（金）に佐賀県嬉野市にて現在施工中である九州新幹線（西九州）、俵坂トンネル（西）他工事の見学会を開催した。参加者はトンネル機械技術委員他 20 名であった。

2. 現場見学

見学会が行われた事業は、独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部 九州新幹線建設局発注により武雄温泉～諫早間（工事総延長 $L \approx 46$ km）の内、俵坂トンネル西工区（施工延長 $L = 3,030$ m）を掘削するものであり、前田・松尾・下特定建設工事共同企業体により施工されている。

見学会は嬉野温泉群近傍に在る現場事務所に集合した後に行われた。はじめに篠原委員長より見学会開催のお礼の言葉があり、引き続いて本工事現場の責任者である高山所長より工事概要説明を受けた後、トンネル施工現場を視察した。



図一 1 工事概要説明状況

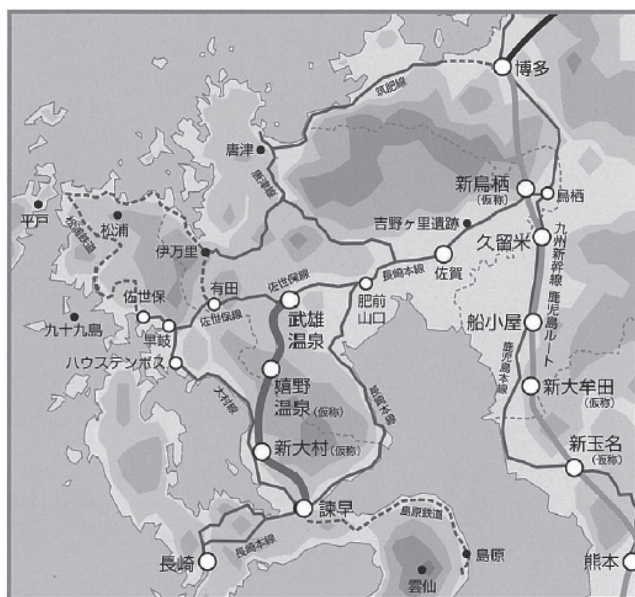
3. 工事概要

九州新幹線（西九州ルート）は、佐賀市付近を経由して福岡市と長崎市を結ぶ路線であり、平成 20 年 3 月に武雄温泉～諫早間が認可され、概ね 10 年程度で

の完成を目指し、現在、トンネル工事 7 工区と橋りょう工事 1 工区が施工中である。

当該整備区間の特徴としては、工事延長約 46 km のうち、半分の 23 km がトンネル区間（その他は高架橋：13 km、切取・盛土：5 km、橋りょう：5 km）となっている。

今回見学した工事は、佐賀県嬉野市に位置する俵坂トンネル（全長 $L = 5,500$ m）のうち 3,030 m 区間を施工するというものであり、この区間の地質は、古第三紀に堆積した泥岩からなる杵島層群を基盤とし、その上位を新第三紀～第四紀に噴出した火山岩類が覆う構造となっている。

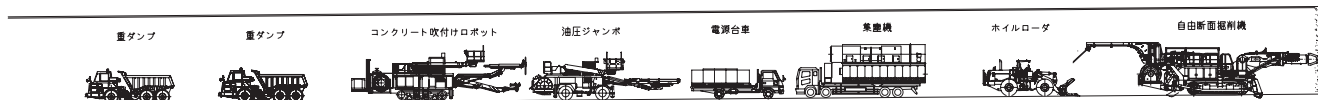


図一 2 九州新幹線西九州ルート概要図（武雄温泉～諫早間）

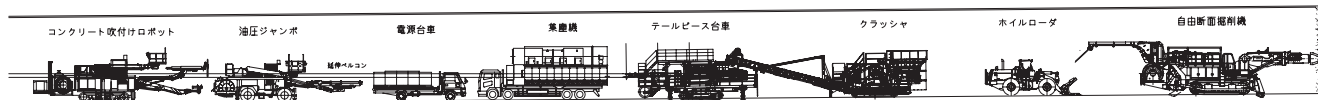
4. 施工状況

工事は俵坂トンネル西工区起点部へと接続する斜路（延長 $L = 318$ m）の掘削が完了し、現在本坑を掘削中である。本坑掘削は泥岩区間を約 600 m 掘削した後、見学会の開催時には凝灰角礫岩区間を約 100 m 掘削したところであり全体で約 700 m の掘削（一次覆工）が完了している。トンネルの掘削は自由断面掘削機（330 kW 級）による NATM 機械掘削工法を採用している。また、施工延長が長いことなどから掘削ブリの

延伸ベルコン設置前



延伸ベルコン設置後



図ー7 トンネル施工機械概要図



図ー8 見学者集合写真

5. 見学会を終えて

当該工事の施工場所は、九州にて有数の温泉街である嬉野温泉近傍に位置し、トンネル施工において騒音、振動及び工事用車輛の運行等近隣に配慮した慎重な施工が必要とされ、これらを企業体を始めとする全ての工事関係者の方々による工夫や改善により確実に進められている状況を見学させて頂くことができ、大変有意義な見学会となった。

また、泥岩区間の掘削の際にご苦労されたお話やトンネル坑内からの湧水対策などについて伺うことがで

きたことも収穫となった。

トンネル坑内は路盤の整備、安全通路の確保、資機材の整理整頓など細かい所にまで配慮がなされており、緊張感のある施工現場を体感することができた。

最後に、今回の見学会の趣旨をご理解いただきました鉄道・運輸機構 鉄道建設本部九州新幹線建設局様に御礼を申し上げますと共に、親切丁寧な工事説明や現場案内をして下さいました高山所長、並びに見学会にご協力頂きました工事関係者各位に感謝の意を表すと共に、工事の無事な完成をお祈り申し上げます。

JICMA

《参考文献》

九州新幹線（西九州）、俵坂トンネル（西）他工事説明資料

〔筆者紹介〕

椎橋 孝一郎（しいばし こういちろう）
前田建設工業(株)
本店 土木事業本部 土木部 機械グループ
リーダー



部 会 報 告

ISO/TC 195（建設用機械及び装置専門委員会） 中国・北京国際会議報告

標準部会

1. はじめに

2011年5月10日～13日の4日間、中国北京市で開催されたISO/TC 195（建設用機械及び装置専門委員会）、SC 1（コンクリート機械及び装置分科委員会）及び各WG（作業グループ）の国際会議に日本代表として出席したので、その内容を報告する。

ISO/TC 195国際会議は例年5月に開催され、今年は中国SAC（Standardization Administration of China）の主催で北京市内にあるプライムホテル（華僑大厦）において下記日程にて行われた。

5月10日 ISO/TC 195/SC 1（コンクリート機械及び装置；日本が幹事及び議長国）会議

5月11日 WG 8（破砕機；日本がコンビナー）、WG 7（手押し式締めめ機械）、WG 2（用語）各会議

5月12日 WG 5（道路機械）会議

5月13日 ISO/TC 195 本会議

当協会は経済産業省施策「国際標準開発事業（コンクリート機械等分野（内部振動機）に関する国際標準開発）」の一環として同省の委託を受け、積極的に参画している。継続事業としての支援に加え、今回は「重点TC等国際会議派遣事業」の支援も受け、日本からは表－1に示す5名の関係者が参加した。

表－1 日本からの出席者

氏 名	役 割
大村高慶	ISO/TC 195 /SC 1 議長
田丸正毅	ISO/TC 195 /WG 8 コンビナー(主査)
渡邊 充	ISO/TC 195 /SC 1, WG 5, WG 8 他 使用者代表
西村敏之	ISO/TC 195/SC 1 エキスパート(専門家)
小倉公彦	協会ISO/TC 195事務局, ISO/TC 195 /SC 1及びWG 8国際幹事

各国からの会議出席者は、中国（22）、ドイツ（8）、ポーランド（1）（幹事国）、米国（3）（議長国）、ルーマニア（2）、スウェーデン（1）、英国（1）、韓国（2）及び日本（5）で計9ヶ国45名であった。

※ ISO規格関連略語の解説

NWIP：新規業務項目提案、WD：作業ドラフト、CD：委員会ドラフト、DIS：国際規格ドラフト、

DTR：技術報告書ドラフト

【会議出席の目的】：

ISO/TC 195/SC 1では、議長国として各国提案の進捗状況を確認するとともに、以前より日本が提案している2件の安全要求（第2次CD段階及びNWIP投票段階）の推進を図る。また、ISO/TC 195/WG 8では、コンビナーとして昨年NWIP承認されたISO/WD 21873-3 自走式クラッシャー試験方法の第2次WDに対する各国意見につき議論し、CDへの推進を図る。その他の各WG会議にも出席し、日本の意見を具申する。

2. 会議概要

(1) 5月10日(終日)：ISO/TC 195/SC 1(コンクリート機械及び装置) 会議

【出席者】：中国（14）、ポーランド（1）、ドイツ（4）、米国（3）、スウェーデン（1）、ルーマニア（2）、日本（5）／議長：大村高慶、幹事：小倉公彦、エキスパート：西村敏之、他 渡邊充、田丸正毅 計7ヶ国30名

ISO/TC 195/SC 1会議では、次の項目につき報告・討議・検討を行い、下記8件の決議が採択された。

決議1：2010年5月以降1年間のSC 1の活動について：議長国日本より報告し承認された。

決議2：ISO 18651-1 Internal vibrator-part 1（コンクリート内部振動機—第1部）について：2011年3月18日発行されたことを報告し承認された。

決議3：Test code on Compaction diameter measurement（コンパクションダイアメターの測定方法）について：2010年ワルシャワ国際会議での決議に基づき、ポーランドがTechnical Report（技術報告書）ドラフトを用意し、SC 1幹事がDTR投票にかける。

決議4：Concrete floating machine（コンクリートフローティングマシン）について：米国は第2次NWIP投票で不足したエキスパート参加国を募るか、第3次NWIPを開始する。

決議5：中国からの提案 Concrete delivery pipeline（コンクリート配管寸法、試験、計算方法）について：昨年のNWIP投票結果は賛成票不足であったが、SC

1 メンバーは規格作成の方向に賛成であり、中国は各国コメントを反映した作業ドラフトを作成し、SC 1 幹事が再度 NWIP 投票にかける。

決議 6：日本提案 Concrete batching plant-safety (コンクリートバッチングプラント—安全要求)について：第2次 CD 投票の結果 66% の賛成票であり、通常は可決されるが、33% が反対票であったことを踏まえ (25% 以下でなければならない)、第3次 CD を作成する。SC 1 幹事はフランスの反対意見に関して ISO/CS (中央事務局) に相談する。米国は第2次 CD を見直し、英語表現を明確にする。

決議 7：日本提案 Concrete placing machinery-safety (コンクリートブーム付きポンプ車—安全要求) について：NWIP 投票 (2011 年 6 月締切) 結果を踏まえ、今後のステップを決定する。

決議 8：韓国からの新提案 Concrete placing boom (コンクリート打設ブーム) について：韓国のプレゼンテーションを受け、適用範囲は定置式ブームに限ることを確認した。韓国は NWIP を準備する。

日本提案の2件は、欧州・米国の根強い反対で難航している。決議6においては、昨年のワルシャワ国際会議での決議により既に1度延長した DIS 登録期限が 2011 年 7 月であることから、編集上の米国意見に対しては米国 Moss 暫定議長に手直しして貰い、欧州規格 EN 12151 の見直し優先を理由に ISO 化の延期を求めているフランス意見に対しては、ISO/CS に再度助言を求めることとした。期限切れで自動キャンセルされるのを避ける為、いったん予備段階へ戻した上で、EN 規格の見直し完了まで審議再開を待つ必要がある。

また、決議7においては、各国規格の調査結果をまとめた比較表及びその解説を用いて ISO 化の必要性を主張したが、欧州規格 EN 12001 の見直し作業や米国 CPMA 規格が優先するとし、ISO 化に反対する欧米の主張とは平行線のままである。EN 規格の見直し完了まで延期しても対立が解決できない場合、廃案とせざるを得ない可能性がある。

(2) 5 月 11 日 (午前)：ISO/TC 195/WG 8 (粗骨 材処理用機械及び装置) 会議

【出席者】：中国 (10)、ドイツ (3)、ポーランド (1)、ルーマニア (2)、スウェーデン (1)、英国 (1)、米国 (3)、日本 (5) / コンビナー：田丸正毅、幹事：小倉公彦、他 大村高慶、渡邊充、西村敏之 計 8 ヶ国 26 名

ISO/TC 195/WG 8 会議では、次の項目につき報告・討議・検討を行い、下記5件の決議が採択された。

決議 1：WG 8 幹事は、WD 21873-3 の内容を既存の ISO 21873 Part 1, Part 2 にどの様に当てはめるか検討する。Part 1 は定期的見直し投票中につきドラフトを準備し、Part 2 は必要に応じて見直しを提案する。

決議 2：WG 8 幹事は、NWIP として一旦承認された WD 21873-3 の処置について、ISO/CS に相談する。

決議 3：WG 8 幹事は、振動・騒音に関し、会議での議論を上記ドラフトに反映する。

決議 4：WG 8 コンビナーは、ISO 6393 以外の騒音測定方法について調査し、上記ドラフトに反映する。

決議 5：WG 8 幹事は、第2次 WD に対するその他の各国意見も上記ドラフトに反映する。

今回 CD 登録を計画していた作業ドラフト WD 21873-3 は、昨年のワルシャワ国際会議で NWIP 成立した後、参加国への意見照会を2度にわたり実施、各国意見を反映した第3次 WD まで作成したうえで WG 8 会議に臨んだが、2度目の意見照会に際し米国から「WD 21873-3 の試験項目は Part 1 (用語及び仕様) の引用が殆どであり、独立させる程の内容に乏しく制定不要」と指摘された。日本としては「ISO 21873 シリーズの作成を開始した 2004 年当時の決議に従い、Part 3 を ISO 化すべき」と主張し議論したが、スウェーデン、英国も米国と同様意見だった為、やむなく指摘を受け入れ、定期的見直し時期が来ている Part 1 に (もし安全要求があれば、Part 2 に) WD 21873-3 の内容を織り込む、という決議に到った。従って、Part 3 の ISO 化自体は中止となるが、今後の Part 1 (及び Part 2)



写真—1 ISO/TC 195/SC 1 会議風景



写真—2 ISO/TC 195/WG 8 会議風景

見直しにおいては上記の決議に基づいてドラフトを作成し、ISO 21873 シリーズとして所期の目的達成を図る。

(3) 5月13日：ISO/TC 195 第20回本会議

【出席者】：中国 (6), ドイツ (7), ポーランド (1), ルーマニア (2), スウェーデン (1), 英国 (1), 米国 (2), 韓国 (2), 日本 (5) / 暫定議長: Moss 氏 (米国), 幹事: Rozbiewski 氏 (ポーランド) / 書記: 米国, ドイツ, 中国, 日本より各1名 計9ヶ国27名

ISO/TC 195 本会議では、次の決議が採択された。

決議 1：TC 195 幹事 Rozbiewski 氏による前回以降の活動報告が承認された。

決議 2：SC 1 大村議長による決議報告が承認された。

決議 3：WG 2 コンビナー代理 Moss 氏 / Kampmeier 氏 (ドイツ) による決議報告が承認された。

決議 4：WG 5 コンビナー Piller 氏 (ドイツ) による決議報告が承認された。

決議 5：WG 6 コンビナー代理 Rozbiewski 氏による決議報告が承認された。

決議 6：WG 7 コンビナー Moss 氏による決議報告が承認された。

決議 7：WG 8 田丸コンビナーによる決議報告が承認された。

決議 8：TC 195 幹事は、ドイツ提案による道路工事機械の安全規格に関する NWIP 投票を開始する。投票が承認され次第、新たな WG を設立する。

決議 9：ISO グローバルディレクトリに登録する各 WG の専門家の人数について、P メンバー 1 ヶ国当たり 5 名以下とする。ただしこれ以外の専門家も、オブザーバとしての参加を歓迎する。

決議 10：ISO/TC 127, ISO/TC 110, CEN/TC 151, ISO/TC 214 よりリエゾンレポートを受けた。

決議 11：各プロジェクト進捗状況管理表の作成手順につき、来年の第 21 回本会議で協議する。

決議 12：公道外で使用する自走式建機 (Non-Road Mobile Machinery) に関する公道回送要求事項の ISO 化につき、ISO/TC 127 及び ISO/TC 110/SC 4 と連携する。米国 Crowell 氏をジョイント WG の窓口として情報交換を行う。ISO/TC 195 の専門知識を活用し、対象範囲にある機械を案文に含める。

決議 13：第 21 回 ISO/TC 195 国際会議は、2012 年 5 月 22 日～25 日にオランダ国デルフトでの開催を予定する。第 22 回 TC 195 国際会議は、2013 年 5 月 13 日～16 日に米国シカゴで開催予定。

決議 14：参加者一同は、会議のホストを務めた中国

事務局:SAC (中国国家標準化管理委員会), BICM (北京建築機械化研究院) 及び会議の成功に貢献した中国建設機械メーカー (ZOOMLION 社, SANY 社) に対し感謝の意を表する。

決議 15：参加者一同は、5 月 10 日及び 12 日の晩餐会を開催した中国事務局に対し感謝の意を表する。

決議 16：参加者一同は、16 年余にわたり ISO/TC 195 の幹事を務めた Rozbiewski 氏 (2011 年いっばいで引退予定) の功績に対し感謝の意を表する。



写真一 3 ISO/TC 195 本会議出席者

(4) その他の WG 会議

5 月 11 日午後に WG 7 及び WG 2 の会議が、5 月 12 日には WG 5 の会議が開催されたので、それぞれ下記に結果概要を記す。

① 5 月 11 日 (水) WG 7, WG 2 会議【手押し式締め機械】、【用語】

ISO/TC 195/WG 7 会議では、次の 2 件の決議が採択された。

決議 1：「油圧デバイスを用いた振動ランマの衝撃エネルギー測定方法の開発」に関する最終報告を踏まえ、ポーランドはテクニカルレポートに進める為の NWIP を準備する。

決議 2：昨年のワルシャワ会議以降の調査結果を踏まえ、手押し式ランマ及びプレートの安全規格の開発に関しては、5 月 13 日の ISO/TC 195 本会議へ結論を持ち越す。(前述)

ISO/TC 195/WG 2 会議では、次の 3 件の決議が採択された。

決議 1：ISO 11375 Terms and definitions の見直しについて、ポーランドが準備した WD 11375.3 を基に議論した。TC 195 の対象範囲にある 6 種類の建設用機械及び装置を含む。新たに建設足場用機械のグループが追加された。

決議 2：WG 2 は、ISO 11375 を次の 6 つのタイプの機械に分割する。

ISO 11375 建設用機械及び装置—用語及び定義—
Part 1：基礎工事及びドリル機械

Part 2：コンクリート及びモルタルの準備、運搬、締

固め、リサイクル及び補強・成形処理用機械

Part 3: 骨材処理用機械

Part 4: 仕上げ作業用機械

Part 5: 特殊な建設作業及び処理用機械

Part 6: 足場及びその他の一時作業用機械

決議 3: 中国の提案を受け、用語のうち“移動式コンクリートミキシングプラント”を“可搬式コンクリートミキシングプラント”に改め、Part 1“基礎工事及びドリル機械”に“インパクト式土壌締固め機械”を加えて完成させる。

② 5月12日（木）WG 5 会議【道路建設及び維持作業用機械】

ISO/TC 195/WG 5 会議では、次の 6 件の決議が採択された。

決議 1: 次の 4 件について「軽微な修正」の発行を準備する。

ISO 15643:2002 Bituminous binder spreaders/sprayers

ISO 15645:2002 Road milling machinery

ISO 16039:2004 Slipform pavers

ISO 22242:2005 RC&ME-Basic types-Identification and definitions

決議 2: ISO 15642:2003 Asphalt mixing plants についても、ISO プロジェクトデータベースに登録し、定期的見直しの対象とする。

決議 3: 定期的見直しについて、ISO 15878 Asphalt Pavers が投票中。ISO 15688 soil stabilizers の投票における日本の意見を受け入れ、定義にグレーダベースのスタビライザを残す。日本及び米国がキャブ付き外観図を提供する。外観図が整い次第、DIS 投票を開始する。

決議 4: スーパーについて、米国が第 3 次 NWIP 投票を行う。

決議 5: 道路工事機械の安全規格の ISO 化について、ドイツが NWIP 投票を開始する。

決議 6: ISO/TC 127 で進められている Non-road mobile machinery の公道回送要求事項に関する ISO 化について、ISO/TC 195 の一部の機械が影響を受けることから、親 TC レベルで参画する。（前述）



写真—4 ISO/TC 195/WG 5 会議風景

(5) ISO/TC 195 の動向

ポーランドの前議長 Budny 氏が 2010 年末に定年で引退し、同国幹事 Rozbiewski 氏も 2011 年末に定年退職を控え、ポーランドが TC 195 幹事国返上の意思を今年初めに表明した為、ISO/TC の上位組織 TMB（技術管理評議会）で次期幹事国選出を巡る動きがあることから、本会議の終了後、本件について米国 Moss 暫定 TC 195 議長と対談した。日本提案の安全要求 2 件が成立困難となっている現状について Moss 氏に助言を依頼し、Moss 氏からは、今後も SC 1 議長国の役割を維持し、中国（次期幹事国候補）／米国（同議長国候補）を支持するよう依頼を受け、帰国したが、その後の情報で、対立候補だったドイツと中国が幹事国ツイニング（先進国と途上国が連携し幹事国を務めること）に合意したと知り、大変驚いた。幹事国には議長を選出する権限があり、その意味で米国 Moss 氏は次期幹事国が決まる迄の「暫定」議長だった訳だが、ドイツが新しい議長を立てる動きが伝えられており、幹事国・議長が交代すれば、日本の立場にも何らかの影響が予想される。

(6) 所感

この国際会議は今回で 20 回目になる。中国北京での ISO/TC 195 国際会議は、過去に 2008 年、2009 年にも計画されたことがあるが、2008 年は北京オリンピック開催時期の混雑を避ける為米国シカゴに変更され、2009 年はリーマンショックに続く経済危機の影響で国際会議そのものが中止されるなど紆余曲折の末、今回やっと開催が実現した。

今回の SC 1 会議では、昨年の中国コンクリート配管 NWIP に続き、4 年ぶりに ISO/TC 195 国際会議に出席した韓国がコンクリートブーム NWIP のプレゼンテーションを行うなど、アジア・太平洋地域の参加国が勢いを見せた。

中国では、建設機械分野に限らず国家的規模で、国際標準化への参画が行われているのは周知の通りであるが、今回の会議では地元中国の建設機械メーカーが、チリ鉱山落盤事故で作業員の救助に使用した 4000 ton 級クローラークレーンや、福島第一原発で放水に使用した 62 m 級コンクリートブーム付きポンプ車など、海外での中国製大型建機の活躍をパンフレットで熱心に宣伝するにとどまらず、(TC 195 幹事国より寧ろ) SC 1 運営への参加に興味を示していた。

次期 TC 195 幹事国がドイツ・中国のツイニングになった場合、欧州中心の国際標準化への歯止めとなりうるのか予測が難しいが、日本の産業競争力維持・発展の為にも、今後とも SC 1 議長国の地位を堅守して

いく必要があると考える。

(7) その他

3月11日に発生した東日本大震災で日本経済全体が大きな打撃を受け、被災地支援、各社工場及びサプライチェーンの復旧が急がれる状況下であったが、関係各位の尽力により当初の予定通り5名で国際会議に参加することができ、SC 1 及びWG 8 会議の冒頭では世界各国から日本に寄せられた支援や厚情、原発事故への心配に対し、大村議長及び田丸コンビナーがそれぞれ謝辞を述べた。

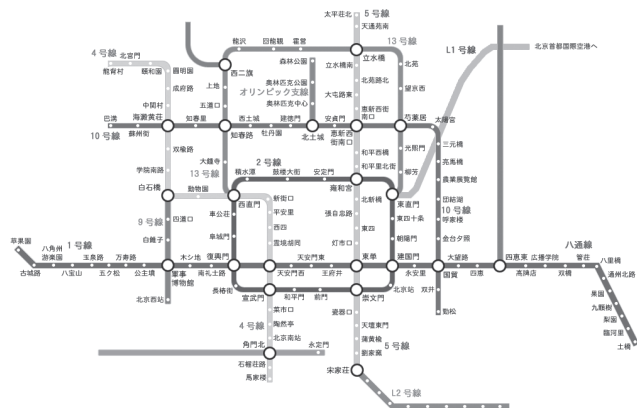
会議場兼宿泊場所のプライムホテル（華僑大厦）は、北京市中心部に位置する故宮博物館の東側を南北に通る王府井大街路沿いにある。北京首都国際空港第3ターミナルから2008年に開通した機場快線（空港高速鉄道）で市内に入り、「東直門」から地下鉄2号線に乗り、「雍和宮」で5号線に乗り換え「東四」で降りて徒歩10分程と、比較的アクセスのよい場所にあった。地下鉄・トロリーバスは日本と同じ様なICカードで利用でき、電動自転車と並んで便利な市民の足となっている。ホテル近くには未開通の地下鉄工事現場があり、市街中心には外資系ブランド店を集めた商業モールが建つなど、オリンピック後も都市部での開発



写真—6 市街地で稼働中の高所作業車（イタリア製）



写真—7 高架道路下駐車場のホイールローダ（中国製）



図—1 北京市地下鉄路線図



写真—8 稼働中の路面清掃車（中国製）



写真—5 プライムホテル付近で建設中の地下鉄工事現場

が続いている様子が窺えた。

空港高速鉄道や地下鉄のおかげで、高額なタクシー料金や交通渋滞に煩わされずに済んだと思っていたが、帰国後7月23日に浙江省温州市で発生した中国高速鉄道の追突脱線事故を報道で知り、公共交通機関の安全レベル（日本とのギャップ）に冷や汗が出た。

（協会標準部会事務局記）

J C M A

02-137	コンパクトケーソン工法	大豊建設
--------	-------------	------

▶ 概 要

近年、土地利用が高度化する中で地下構造物の施工条件は、大深度化および複雑化しており、ニューマチックケーソン工法もさまざまな施工条件に対応可能とするため、さらなる適応性の向上が求められている。

コンパクトケーソン工法は、狭小断面のケーソンを大深度、道路下等の施工条件下に築造するために開発したものであり、実際に、道路下に築造する直径 6.5 m、高さ 42.58 m の人孔築造工事に採用され、最終傾斜量 4 mm (1/1650)、偏心量 39 mm と、高精度を確保して沈設を完了している。

本工法は、新技術である地上走行式の無線型遠隔操作掘削システムに、推進またはシールド工法で用いられている止水技術や周面摩擦低減技術、さらに、地上占用を必要としない路下式ロックや、沈設補助と沈設精度向上に対応する圧入装置を適宜組合せることにより構成する。これにより、狭小断面かつ大深度のニューマチックケーソン工事の施工効率と安全性を飛躍的に高めることが可能となる。

▶ 特 徴

①地上走行式の無線型遠隔操作掘削システムによる掘削

本工法では、転倒防止装置および転倒復元装置を装備した地上走行式の掘削機を無線により地上から遠隔操作し、きめ細かい掘削を実現している。本掘削機のベースマシンは電気式の汎用掘削機であり、遠隔操作性が良好であることに加え、構造がシンプルであるため故障し難く、故障時の対応も容易である(写真—1, 2)。

②エントランスパッキンによる止水

道路下など地上占用ができないニューマチックケーソンの施工においては、施工基面を地下水位より低い位置に設けて作業空間を確保する必要がある、地下水位低下工法の併用等が必要となる。しかし、地下水位低下が困難な場合もあり、このような場合、本工法では、推進・シールド工法で使用するエントランスパッキンを施工基面のケーソン躯体との隙間に設置し止水することができる。

③二液固結型滑材による躯体周面摩擦の低減

本工法では、ニューマチックケーソンで一般的に使用されるベントナイト滑材に加え、推進工法で使用する二液固結型滑材も使用可能としている。二液固結型滑材は、躯体周面摩擦の低減だけでなく、漏気防止および周辺地盤の変状防止効果も高く、



写真—1 地上走行式の無線型遠隔操作掘削機



写真—2 掘削機の操作室

近接施工対策としても非常に効果的である。

④路下式ロックによる狭隘作業空間への適応

道路下など地上占用ができないニューマチックケーソンの施工においては、一般的に使用する縦型ロックの使用は困難な場合が多いが、本工法では、このようなケースではマンロックおよびマテリアルロックが一体となった横型でコンパクトな路下式ロックを使用することができる。

⑤圧入装置による沈設補助と沈設精度向上

狭小断面のニューマチックケーソンは、地盤によっては沈下荷重不足により沈下が困難となったり、傾斜修正が困難となる可能性がある。本工法では、このような事態が懸念される場合は、圧入装置を装備しておき、沈設補助と傾斜修正による沈設精度向上を図ることができる。

▶ 用 途

- ・狭小断面で大深度のニューマチックケーソン工事
(道路下など作業空間制限の厳しい施工条件を含む)

▶ 実 績

- ・雨水排水管渠における人孔工事 (人孔形状：外径 6.5 m、内径 5.1 m、高さ 42.58 m)

▶ 問 合 せ 先

大豊建設(株)土木本部エンジニアリング部

〒104-8289 東京都中央区新川 1-24-4

TEL：03-3297-7011

新機種紹介 機関誌編集委員会

〈2〉掘削機械

11-〈02〉-11	キャタピラー・ジャパン 油圧ショベル Cat 374D L / 390D	'11.7 発売 新機種
------------	--	-----------------

碎石、鉱山、大規模造成工事等において高い能力を発揮する大型油圧ショベルを2機種導入している。それぞれ Cat 365C L および Cat 385C のモデルチェンジ機である。

生産性や耐久性といった従来機の特長をより一層向上させるとともに、安全性やメンテナンス性も向上を図るなど、製品全般にわたりユーザ価値を高めている。また、特定特殊自動車排出ガス 2006 年基準に適合するとともに、国土交通省低騒音型建設機械の基準値をクリアしており（申請中）、環境に配慮した製品となっている。

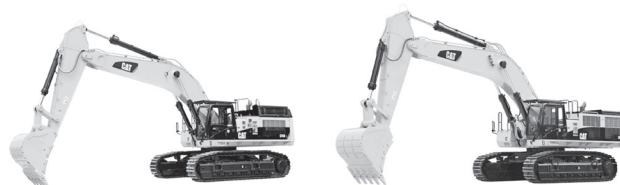
374D L はエンジン出力アップを中心とした改良により、時間当たり作業量を最大で約 13%（従来機比）向上している。390D は掘削力アップ等による改良により、時間当たり作業量を最大で約 6%（従来機比）向上している。ダイヤル 10 選択時にもダイヤル 8 相当のエンジン回転数に抑える「エコノミーモード」を新たに採用し、燃料消費量を、374D L は約 11%（同機標準モード比）、390D は約 7%（同機標準モード比）低減している。

機体後方を確認可能なリアビューカメラを標準装備し、さらにメンテナンス時の足場となるキャットウォーク（上部旋回体の外側に取り付けられた足場）の幅を従来機比 25% 拡大して、安全を確保している。

特定特殊自動車排出ガス 2006 年基準に適合するとともに、国土交通省低騒音型建設機械の基準値をクリア（申請中）している。

表一 1 Cat 374D L/390D の主な仕様

	374D L	390D
バケット容量 (m ³)	3.0	3.5
最大掘削深さ (m)	8.43	8.68
最大掘削半径 (m)	13.25	14.02
最大掘削高さ (m)	12.44	13.12
運転質量 (t)	70.5	83.3
定格出力 (kW/(ps)/min ⁻¹)	355 (483)/1,800	390 (530)/1,800
走行速度 高速/低速 (km/h)	4.1/2.8	4.5/2.8
登坂能力 (度)	35	
接地圧 (kPa)	104	126
最低地上高 (m)	0.84	0.85
クローラ中心距離 (m)	3.25	3.51
クローラ全幅(シュー幅) (m)	0.65	
全長×全幅×全高 (m)	13.32 × 4.06 × 4.39	14.71 × 4.16 × 5.01
価格 (百万円)	62.64	74.58



Cat® 374D L 油圧ショベル

Cat® 390D 油圧ショベル

写真一 1 キャタピラー・ジャパン Cat374D L, Cat390D 油圧ショベル

問合せ先：キャタピラー・ジャパン

人事企画室 広報グループ

〒158-8530 東京都世田谷区用賀 4-10-1

〈12〉モータグレーダ、路盤機械及び締固め機械

11-〈12〉-03	範多機械 モータグレーダ(レーザーグレーダ) LG106	'11.7 発売 新機種
------------	------------------------------------	-----------------

レーザーグレーダ LG106 は全長 3,665 mm 車両重量 1.5 t ブレード幅 1,830 mm の超小型モータグレーダで、狭小現場の路床・路盤の整地作業を行う機械である。特に精度を要求される陸上競技場やテニスコートおよび各種競技用グラウンドなどの整形では、標準装備されているトリンブル社製のレーザセンサーシステムを使用することにより短時間での高精度の仕上げ作業が可能となる。

同システムはオプションのレーザ発光器が作る基準面をブレード両端のマストに装着された受光器にて感知、運転席にあるコントロールボックスでブレードの先端高さと設計高を比較演算し計算データから 2 次元的なマシンコントロールを行うものである。

又、ブレード上には水平方向のスロープセンサーも装備されており 2 方向勾配設定型レーザ発光器と組み合わせる事により施工仕上げ形状の設定が容易となる。

その他にポテンショメータベースのローテーションセンサーや各油圧をコントロールするバルブモジュール、電源の状態を安定させシステムの過電流を防ぐパワーモジュール等を装備し安定した精密制御を可能としている。

機械本体は小型の車体の特長を生かした優れた視認性を確保し、全ての作業機系の操作レバーをハンドルに沿って配置した操作性を優先した運転席を採用。

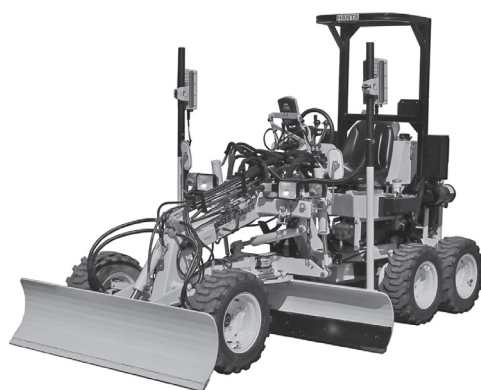
駆動方式は静油圧トランスミッションの 6 輪駆動方式を採用し高い走行性を確保している。

本機は排出ガス対策型（3 次規制）対応エンジンを搭載し小型特殊自動車登録が可能である。

新機種紹介

表ー2 LG106の主な仕様

ブレード幅	(m)	1.83
フロントブレード幅	(m)	1.53
最小回転半径	(m)	3.4
車両重量	(t)	1.5
定格出力	(kW/min ⁻¹)	17.8/3,000
登坂能力	(%)	前後約 15
軸距	(m)	2.015
前輪距	(m)	1.000
後輪距	(m)	1.005
車輪配列		前2輪－後4輪
タイヤサイズ		
駆動方式		静油圧トランスミッション6輪駆動
全長×全幅×全高	(m)	3.665×1.585×1.530
価格	(百万円)	12.2 (車両側センサー機器含む)



写真ー2 範多機械 LG106 モータグレーダ

問合せ先：範多機械(株) 特機部

〒175-0091 東京都板橋区三園 1-50-15

〈19〉建設ロボット、情報化機器、タイヤ、ワイヤロープ、検査機器等

11-〈19〉-04	ライカ ジオシステムズ マシンガイダンスシステム パワーディガー 2D	'11.6 発売 新機種
------------	---	-----------------

パワーディガー 2D は、油圧ショベルの 2D ガイダンスシステムである。掘削断面とバケット刃先の差を正確にオペレータにガイダンスすることにより、オペレータの技術力に頼ることの多かった従来の掘削作業の作業性、精度、そして安全性を向上させることを目的としている。

システムは、車体の傾きを補正するピッチ&ロールセンサ、キャブ内に設置したコントローラ、リモートディスプレイモニタ、そしてブーム、アーム、バケットそれぞれに装着した角度センサ（外付け）から構成される。掘削断面の深さと勾配を入力すると掘削断面の高さや勾配とバケット位置の差が、数値、および『▼—▲』でリアルタイムにモニタへ LED 表示され、あるいはブザー音の発報により、バケットの実際の位置を常に確認しながら掘削作業を進めることができる。また、掘削断面にバケット刃先を這わせながらモニタの数値を確認すれば、出来形確認が可能である。

センサは水深 20 m までの耐水性があり、水中での掘削精度管理が難しい浚渫作業や、20,000 G の耐振性により削岩機を装着した場合でも使用可能である。

表ー3 パワーディガー 2D の主な仕様

防塵防水コントロールパネル／角度センサ		IP66 / IP68
温度使用時／保管時	(℃)	- 20 ~ + 70 / - 40 ~ + 80
電圧範囲	(直流 V)	10 ~ 30
コントロールパネル 奥行き×幅×高さ	(cm)	3.7 × 18 × 12.5
コントロールパネル 質量	(g)	500
バケットセンサ 奥行き×幅×高さ	(cm)	5 × 2.5 × 2.5
バケットセンサ 質量	(g)	100
アーム／ブームセンサ 奥行き×幅×高さ	(cm)	3 × 12 × 8
アーム／ブームセンサ 質量	(g)	500
価格（設置調整費、税別）	(万円)	187

写真ー3 ライカジオシステムズ パワーディガー 2D
マシンガイダンスシステム

問合せ先：ライカ ジオシステムズ(株)

マーケティング本部 マシンコントロール担当

〒113-6591 東京都文京区本駒込 2-28-8 文京グリーンコート

平成 23 年 建設業の業況

1. まえがき

建設投資が15年間も低迷を続け、受注環境がきびしさを増しているなか、平成23年度は東日本大震災から早期復旧を図っていくことも見込まれる。そのような中で建設業の業況について直近のデータを交え、その内容について紹介する。

2. 建設投資の概要

平成23年度の建設投資は、前年度比5.1%増の43兆2,200億円となる見通しである。

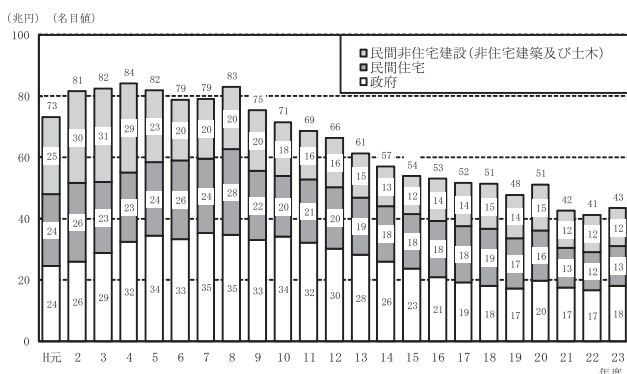
このうち、政府投資が17兆9,600億円（前年度比8.3%増）、民間投資が25兆2,600億円（前年度比2.9%増）となる見通しである。これを建築・土木別に見ると、建築投資が23兆4,300億円（前年度比5.2%増）、土木投資が19兆7,900億円（前年度比4.9%増）となる見通しである。

また、平成22年度の建設投資は前年度比3.0%減の41兆1,300億円となる見込みである。このうち政府投資は16兆5,800億円（前年度比4.5%減）、民間投資は24兆5,500億円（前年度比1.9%減）と見込まれる。建築・土木別に見ると、建築投資が22兆2,700億円（前年度比1.9%減）、土木投資が18兆8,600億円（前年度比4.3%減）となる見込みである。

東日本大震災の復旧等が経済に及ぼす影響については、震災復旧等に係る建設活動の総額は、2兆4,100億円程度と推計され、これにより平成23年度には、名目国内総生産を0.52%、実質国内総生産を0.45%引き上げるとされている。

2兆4,100億円程度の建設事業によって誘発される各産業の生産額は、全産業で4兆7,200億円程度の生産活動が行われるものと予想されている。

これは、全産業の1年間の生産活動（972兆円程度）の約0.5%



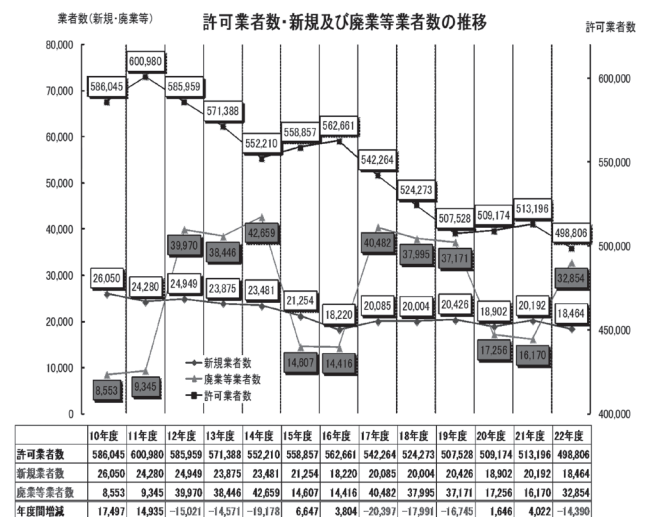
図一 建設投資額の推移 (資料出所: 国土交通省)

程度に相当し、2兆4,100億円の建設事業により、29万人程度の雇用創出効果が見込まれるとされている。

3. 全国許可業者数の推移

平成23年3月末(22年度末)現在の建設業許可業者数は498,806業者で、前年同月比で14,390業者の減少(-2.8%)となった。許可業者数が50万業者を下回ったのは、昭和56年以来30年ぶりである。

建設業許可業者数が最も多かった平成12年3月末時点のピーク時と比較した事業者数は102,174業者の減少(-17.0%)となっている(図一2)。



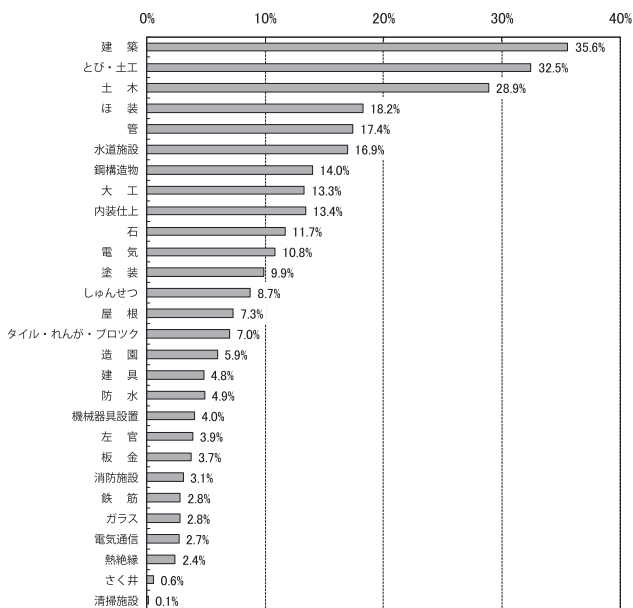
図一2 全国建設業許可業者数

4. 業種別許可業者数の推移

平成23年3月末現在の業種別許可の総数は、1,432,496で前年同月比0.9%減となった。

前年同月に比べて増加した許可業種は14業種であり、増加率は熱絶縁工事業が5.7%と最も高く、ガラス工事業(4.3%)、防水工事業(4.1%)、鉄筋工事業(3.6%)が続く。また、前年同月に比べ取得業者数が減少した許可業種は14業種となっている。前年比減少率トップは清掃施設工事業の-4.9%となっている。

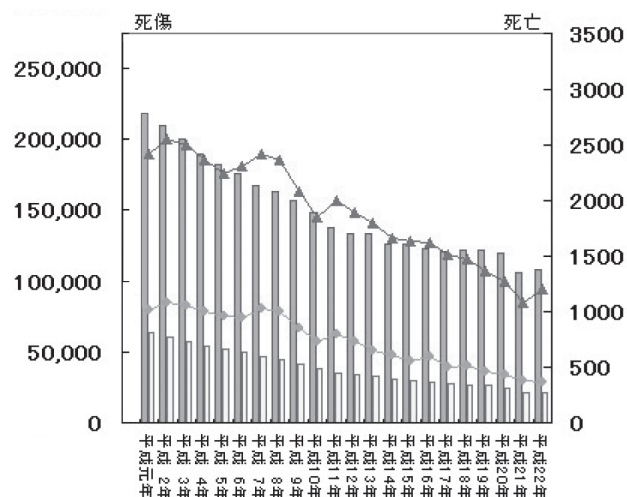
図一3に建設業許可業者の業務別許可の取得状況を示す。



図一三 建設業許可業者における業種別許可の取得率

5. 死傷者及び死亡者数の推移

平成22年の全産業死傷者数は前年比1.93%増の107,759名であった。建設業の死傷者は21,398名(0.31%減)、死亡者は365名(1.62%減)で減少傾向となっている。



死亡災害件数については、「死亡災害報告」による。

図一四 死傷者、死亡者の推移(資料出所:建設業労働災害防止協会)

6. 建設業の倒産件数の推移

2010年の建設業者の倒産は3,136件(前年比8.9%減)発生したが、件数、負債総額ともに前年を下回っている。しかし、建設業の倒産件数の推移を見ると、2010年夏場に変化し、前年同月を上回る月

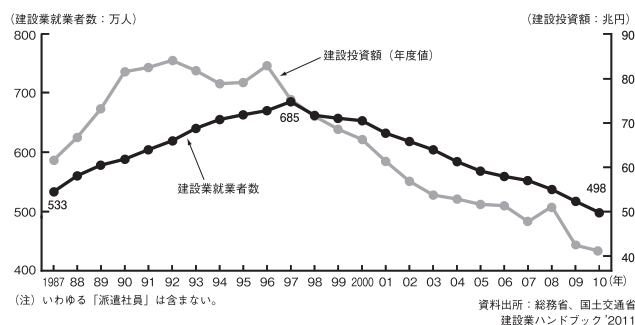
が見られ、前年同月を下回る月においてもその減少幅は縮小基調にある。2011年以降において、市場が縮小されていく中、建設業の倒産増加がよい現実味を帯びてきている。

業態別にみると、「建築工事」が673件でトップ。構成比は21.5%となり、全体の5社に1社を占めている。次いで、「土木工事」が610件(構成比19.5%)発生しており、建築・土木両工事の専門業者だけで全体の4割を占めた。

業歴別にみると、20~30年未満の企業が763件(構成比24.3%)、いわゆる老舗企業とされる30年以上の企業が979件(同31.2%)となり、20年以上の業歴を持つ建設業者の倒産が全体の55.5%と半数以上を占める結果となっている。

7. 建設業就業者数の推移

建設業就業者数は不況下においても一貫して増加を続け、結果的にわが国の雇用の安定に寄与してきたが、97年(685万人)をピークとしてその後は減少が続いている。2010年は前年比3.7%減の498万人。減少率は戦後の混乱期以外では昨年に引き続き過去最大で、500万人割れは昭和52年の499万人以来である。



図一五 建設業就業者数の推移

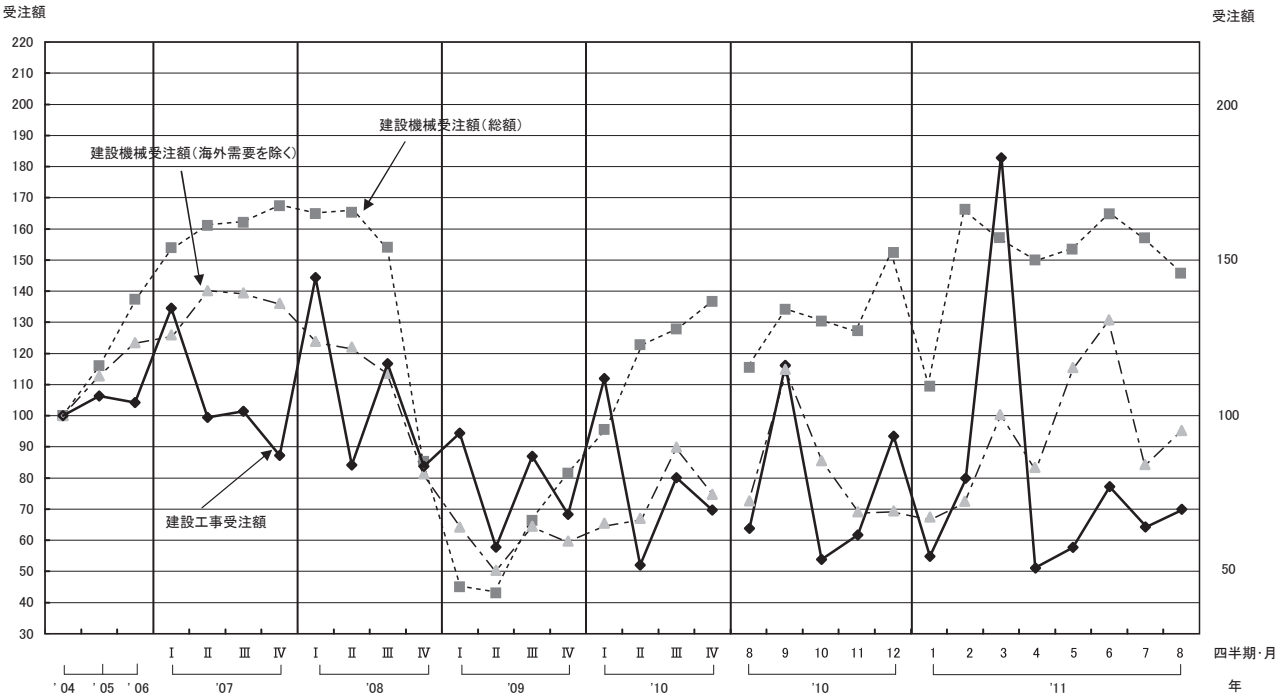
8. おわりに

平成8年度に82兆8,000億円であった建設投資は、その後減少傾向をたどり平成20年度には51兆800億円まで落ち、その後は微減で推移していたが、平成23年度には東日本大震災からの早期復旧等に係る建設投資が見込まれることから、総額として43兆2,200億円になる見通しとなっている。

しかし、全国許可業者数はピーク時より10万業者以上も減少して、30年ぶりに50万業者を下回っており、建設業就業者数の減少率に至っては、終戦時を除けば昨年に続いて過去最大の500万人割れ(昭和52年の499万人以来)となっている。近年の異常気象と多発する地震の環境下において、生活基盤を支える建設業にとっては、労働条件が悪化し採算性の悪い産業構造も進行して、非常にきびしい状況が続いている。

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 2004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 2004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							
2004 年	130,611	92,008	17,150	74,858	27,469	5,223	5,911	93,306	37,305	133,279	131,313
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
2010 年 8 月	6,942	4,966	895	4,071	1,410	488	77	4,858	2,084	107,326	8,056
9 月	12,639	8,790	1,603	7,187	2,607	511	731	9,501	3,138	109,222	11,384
10 月	5,867	4,131	514	3,716	1,021	411	303	3,873	1,994	108,668	6,762
11 月	6,714	4,409	688	3,722	1,777	433	95	4,622	2,092	107,819	8,293
12 月	10,171	6,605	1,280	5,325	2,197	449	920	7,040	3,131	107,613	10,472
2011 年 1 月	5,980	4,069	677	3,392	1,242	386	283	4,297	1,683	107,012	6,917
2 月	8,729	5,799	1,224	4,574	2,059	448	424	5,983	2,747	107,291	8,513
3 月	20,085	14,615	2,042	12,573	3,938	570	961	14,998	5,086	114,047	13,188
4 月	5,544	3,850	929	2,921	909	360	426	3,756	1,788	111,759	7,239
5 月	6,232	4,133	1,028	3,105	1,068	319	712	4,041	2,191	111,213	6,754
6 月	8,280	6,194	1,251	4,943	1,471	356	259	5,958	2,322	111,336	10,102
7 月	6,933	5,174	1,303	3,871	1,124	363	273	5,052	1,882	111,681	6,563
8 月	7,585	5,247	1,484	3,764	1,600	338	399	5,300	2,285	—	—

建 設 機 械 受 注 実 績

(単位：億円)

年 月	04 年	05 年	06 年	07 年	08 年	09 年	10 年	10 年 8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	11 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月
総 額	12,712	14,749	17,465	20,478	18,099	7,492	15,342	1,222	1,421	1,381	1,348	1,613	1,159	1,756	1,660	1,590	1,638	1,744	1,662	1,542
海 外 需 要	8,084	9,530	11,756	14,209	12,996	4,727	11,904	942	978	1,051	1,081	1,345	899	1,475	1,274	1,269	1,191	1,238	1,333	1,173
海外需要を除く	4,628	5,219	5,709	6,268	5,103	2,765	3,438	280	443	330	267	268	260	281	386	321	447	506	329	369

(注) 2004～2006 年は年平均で、2007 年～2010 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2010 年 8 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…

(2011 年 9 月 1 日～ 30 日)

■ 機 械 部 会

■ ダンプトラック技術委員会

月 日：9 月 7 日（水）

出席者：大貫廣明委員長ほか 4 名

議 題：①各社トピックス紹介（IHI 建機 木村委員） ② JIS A 8340-5 ダンパ（重ダンプトラック及び不整地運搬車）の安全要求事項の改訂作業 ③その他

■ 路盤・舗装機械技術委員会 締固め機械変遷分科会

月 日：9 月 8 日（木）

出席者：戸川裕文分科会長ほか 8 名

議 題：①「締固め機械の変遷」資料（50 年代及び 60 年代）の取り纏め作業 ②その他

■ ショベル機械技術委員会

月 日：9 月 9 日（金）

出席者：尾上裕委員長ほか 8 名

議 題：①バイオディーゼル燃料についての意見交換…油脂技術委員会 吉田分科会長（燃料・エンジン油） ②ミニショベルの燃費測定に向けての状況について ③ミニショベルの定義：運転質量・機械質量、バケット容量についての意見打合せ ④平成 23 年度上期の活動報告と下期の活動計画について ⑤その他

■ 基礎工用機械技術委員会

月 日：9 月 13 日（火）

出席者：関徹也委員ほか 10 名

議 題：①委員の交代について ②委員長の選任について ③平成 23 年度活動テーマについて ④現場見学会の候補について ⑤その他

■ 機械部会・運営連絡会

月 日：9 月 14 日（水）

出席者：細野純一部会長ほか 6 名

議 題：①平成 23 年度上期活動報告について ②平成 23 年度下期活動計画について ③平成 23 年度下期の技術連絡会および合同部会のテーマについて ④その他

■ 原動機技術委員会

月 日：9 月 14 日（水）

出席者：有福孝智委員長ほか 22 名

議 題：①バイオマス燃料（BDF）について ② JCMAS 燃費測定標準と「燃費基準の創設」について ③海外の排気ガス規制の動向についての情報

交換 ④エンジンオイル（現状機向けと 2011 規正対応機向け）のアンケート調査の状況について ⑤平成 23 年度上期活動報告と下期の活動計画について ⑥その他

■ トンネル機械技術委員会 環境保全分科会

月 日：9 月 16 日（金）

出席者：鈴木康雅分科会長ほか 5 名

議 題：①各委員の担当機器・工法毎に調査項目及びまとめ方の案を持ち寄っての発表・討議 ②その他

■ 機械部会・幹事会

月 日：9 月 20 日（火）

出席者：細野純一部会長ほか 16 名

議 題：①平成 23 年度上期の各委員活動報告について ②平成 23 年度下期の各委員活動計画について ③平成 23 年度下期の技術連絡会および合同部会について ④その他

■ 油脂技術委員会・JCMAS 油脂規格普及促進協議会

月 日：9 月 20 日（火）

出席者：杉山玄六委員長ほか 18 名

議 題：(1) 油脂技術委員会…①平成 23 年度上期活動報告と下期活動計画 ②作動油運用マニュアル改定 ③グリースオンファイル運用マニュアル最終案 ④燃料エンジン油分科会関係 ⑤その他 (2) JCMAS 油脂規格普及促進協議会…①平成 22 年度オンファイル状況報告 ②作動油運用マニュアル改定 ③グリースのオンファイルでの運用開始提案と協議会の改組提案

■ 除雪機械技術委員会 国交省 次期排気ガス規制対応メーカ個別ヒヤリング

月 日：9 月 26 日（月）

出席者：竹内善雄委員ほか 18 名

議 題：①各社の次期排気ガス規制対応への状況と問題点および要望について

■ トンネル機械技術委員会・新技術施工技術分科会

月 日：9 月 27 日（火）

出席者：赤坂茂委員ほか 6 名

議 題：① ICT 施工についてのプレゼンテーション（情報化施工について・暗騒音施工について） ②キーワードから収集した資料（トンネル等の施工に関する機械）の確認 ③資料の取り纏め方について ④その他

■ 機械部会 機械整備技術委員会

月 日：9 月 30 日（金）

出席者：森三朗委員長ほか 5 名

議 題：①平成 23 年度上期活動結果と下期活動計画について（9 月 20 日開催の機械部会幹事会の報告） ②「整備の基本」の最終確認とホームページ

への掲載について ③ハイブリッド・電動（バッテリー含む）建機の整備の安全 WG ④福島原発事故に伴う放射線環境下における建設機械の対応についての意見交換 ⑤その他

■ 製造業部会・小幹事会

月 日：9 月 22 日（木）

出席者：田中利昌幹事長ほか 3 名

議 題：①平成 23 年度上半期事業報告資料の検討 ② 9 月 9 日国交省幹部・4 社長意見交換会の結果報告について ③放射線影響下における建設機械の検討のその後の動きについて ④下期合同部会の建設業部会からの提案について ⑤その他

■ 作業燃費検討 WG・ミニショベルメーカー確認検討会

月 日：9 月 29 日（木）

出席者：田中利昌リーダーほか 12 名

議 題：①前回検討会の記録内容の確認について（各メーカーの試験実施機種、試験時期、費用の負担） ②中型ショベルの制度をそのままミニショベルに延長した場合の不都合の有無及び改良案の提案についての再確認 ③国交省との打合せに向けた事前確認と対応案の確認

■ 建 設 業 部 会

■ 幹事会

月 日：9 月 14 日（水）

出席者：川本伸司部会長ほか 4 名

議 題：①福島原発事故対応 ②機電技術者意見交換会 ③合同部会 ④その他

■ 三役会

月 日：9 月 29 日（木）

出席者：川本伸司部会長ほか 4 名

議 題：①福島原発事故対応 ②機電技術者意見交換会 ③合同部会 ④その他

■ レンタル業部会

■ 部会

月 日：9 月 8 日（木）

出席者：高見俊光部会長ほか 13 名

議 題：①福島原発事故対応 ②「建設機械等レンタル契約の手引き」改訂 ③その他

■ 各種委員会等

■ 機関誌編集委員会

月 日：9 月 7 日（水）

出席者：田中康順委員長ほか18名
議 題：①平成23年12月号（第742号）の計画の審議・検討 ②平成24年1月号（第743号）の素案の審議・検討 ③平成24年2月号（第744号）の編集方針の審議・検討 ④平成23年9～11月号（第739～741号）の進捗状況の報告・確認

■新機種調査分科会

月 日：9月21日（水）
出席者：江本平分科会長ほか2名
議 題：①新機種情報の検討・選定

■建設経済調査分科会

月 日：9月28日（水）
出席者：山名至孝分科会長ほか2名
議 題：①「平成23建設業の業況」の原稿検討 ②今後の掲載予定テーマと担当者の検討

…支部行事一覧…

■北海道支部

■建設機械施工技術検定実地試験

月 日：9月2日（金）～4日（日）
場 所：石狩市 ㈱日立建機教習センター北海道教習所
受験者：1級131名、2級323名

■第2回広報部会広報委員会

月 日：9月13日（火）
出席者：杉岡博史広報部会長ほか6名
議 題：①支部だより102号の編集について ②建設工事等見学会について ③その他

■平成23年度除雪機械技術講習会(第1回)

月 日：9月15日（木）
場 所：帯広市 とかちプラザ
受講者：133名
内 容：①除雪計画 ②除雪の施工方法 ③冬の交通安全 ④除雪の安全施工 ⑤除雪機械の取り扱い

■平成23年度除雪機械技術講習会(第2回)

月 日：9月22日（木）
場 所：旭川市 旭川ターミナルホテル
受講者：170名
内 容：第1回に同じ

■平成23年度除雪機械技術講習会(第3回)

月 日：9月27日（火）
場 所：札幌市 ホテルポールスター札幌
受講者：215名
内 容：第1回に同じ

■東北支部

■施工部会

月 日：9月20日（火）
場 所：東北支部会議室
出席者：稲村正弘部会長ほか11名
内 容：①平成23年度除雪講習会開催一覧表の変更について ②平成23年度パワーポイントについて ③「道路除雪の手引き」の改訂について ④その他

■施工部会

月 日：9月26日（月）
場 所：東北支部会議室
出席者：山田仁一事務局ほか5名
内 容：①情報課施工ゼミナール開催計画について ②カリキュラム及び時間割 ③実演機械持込等 ④その他

■施工部会

月 日：9月27日（火）
場 所：東北地方整備局
出席者：佐藤勝美施工企画課長補佐ほか3名
内 容：①情報課施工ゼミナール開催計画について ②カリキュラム及び時間割 ③実演機械持込等 ④その他

■施工部会（除雪講習会開催）

日時及び場所
12回開催内訳 場所 9月末日人数
9月29日（木）青森 262
9月30日（金）弘前 183
10月6日（木）新庄 189
10月7日（金）山形 247
10月12日（水）秋田 254
10月13日（木）横手 361
10月18日（火）会津 195
10月20日（木）奥州 203
10月21日（金）奥州 139
10月25日（火）盛岡 264
10月26日（水）盛岡 256
11月4日（金）仙台 213
受講者総計 2766

■北陸支部

■建設機械施工技術検定実地試験

月 日：9月9日（金）～11日（日）
場 所：コベルコ教習所 新潟教習センター
受験者：1級53名、2級192名 計245名（延べ）

■けんせつフェア in 北陸 2011 連絡会

月 日：9月14日（水）
場 所：新潟県建設会館会議室
出席者：三日月事務局長
議 題：けんせつフェア in 北陸 2011 活

動計画について

■除雪機械管理施工技術講習会

月 日：9月26日（月）
場 所：上越商工会議所
受講者：130名

■親睦行事（ゴルフ大会）

月 日：9月27日（火）
場 所：ノブウッド GC
出席者：12名

■中部支部

■平成23年度建設機械施工技術検定試験（実地）実施

月 日：9月3日（土）～6日（火）
場 所：刈谷市「住友建機販売㈱名古屋技術研修所」
受験者：1級99名、2級323名（延べ1級168名、2級365名）

■広報部会

月 日：9月9日（金）
出席者：高木理仁広報部会長ほか5名
議 題：中部支部だより71号の編集について

■技術部会

月 日：9月20日（火）
出席者：滝崎治行技術部会長ほか1名
議 題：「技術発表会」「情報化施工（建設 ICT）ゼミナール」の開催について

■「建設技術フェア 2011in 中部」事務局会議に出席

月 日：9月29日（木）
出席者：五嶋政美事務局長
議 題：「建設技術フェア 2011in 中部」の実施について

■関西支部

■平成23年度建設機械施工技術検定試験（実地試験）

月 日：9月3日（土）～6日（火）
場 所：キャタピラー教習所㈱およびコベルコ教習所㈱
受験者：1級153名、2級537名

■広報部会

月 日：9月15日（木）
場 所：関西支部 会議室
出席者：御園聰広報部会長ほか5名
議 題：①建設施工研修会の開催について ②「建設技術展 2011 近畿」について ③平成23年度施工技術報告会について ④「JCMA 関西」第100号の発刊について ⑤その他

■建設業部会・リース・レンタル業部会合同見学会

月 日：9月16日（金）

場 所：都市計画道路 大和川線シールド工事 大鉄・吉田・森・紙谷 JV
参加者：中山金光建設業部会長、伊勢木浩二リース・レンタル業部会長ほか 29 名

内 容：①工事概要説明 ②現場見学
③質疑応答

■建設業部会

月 日：9 月 16 日（金）
場 所：都市計画道路 大和川線シールド工事 大鉄・吉田・森・紙谷 JV 会議室
出席者：中山金光建設業部会長ほか 21 名
議 題：①来期以降の部会長・副部会長の選出 ②合同見学会（11 月予定）の候補地検討

■リース・レンタル業部会

月 日：9 月 16 日（金）
場 所：都市計画道路 大和川線シールド工事 大鉄・吉田・森・紙谷 JV 会議室
出席者：伊勢木浩二リース・レンタル業部会長ほか 8 名
議 題：①合同見学会（11 月予定）の候補地検討 ②合同討論会（平成 24 年 2 月予定）の検討

■情報化施工推進委員会

月 日：9 月 20 日（火）
場 所：建設交流館 701 会議室
出席者：矢吹信喜委員長ほか 21 名
議 題：①技術講演「情報化施工の現状と課題」…(株)大林組 生産技術研究所 主任技師 古屋弘氏、「情報化施工への測量技術の活用（MMS 3DS TRINOS）」…関西工事測量(株) 代表取締役 中庭和秀氏 ②討議 ③その他（第 2 回委員会の開催について、事例紹介－情報化施工データベース（北海道支部））

■建設用電気設備特別専門委員会(第 379 回)

月 日：9 月 27 日（火）
場 所：中央電気倶楽部 会議室
議 題：① JEM-TR104 建設工事用受配電設備点検保守チェックリスト」の見直し検討 ② JEM-TR121 建設工事用電気設備機器点検保守のチェックリス

ト」の見直し検討 ③その他

■ 中 国 支 部

■第 3 回企画部会

月 日：9 月 1 日（木）
場 所：中国支部事務所
出席者：高倉寅喜部会長ほか 4 名
議 題：①中国地方整備局との意見懇談会の実施についての準備等について ②アンケート作成に向けた課題等の整理について ③アンケート原案等の作成準備 ④その他懸案事項

■第 2 回開発普及部会

月 日：9 月 13 日（火）
場 所：中国支部事務所
出席者：阿土繕部会長ほか 4 名
議 題：①第 29 回新技術・新工法発表会の発表課題について ②第 62 回新技術活用現場研修会について ③建設技術開発交流会への対応状況について ④建設技術フォーラムへの対応状況について ⑤その他懸案事項

■新技術活用現場研修会

月 日：9 月 28 日（水）
場 所：①第 2 音戸大橋（広島県呉市警固谷町） ②東広島呉道路（東広島市高屋町溝口～呉市阿賀中央）
参加者：19 名

工事内容：①広島県の事業で進められている「警固屋音戸バイパス」の一部である第 2 音戸大橋で橋長 292 m 鋼中路式ニールセン固定アーチ橋工事 ②国土交通省直轄工事である「東広島呉道路」で延長 32.8 km（内 11.7 km 供用済）4 車線自動車専用道路工事

■平成 23 年度情報化施工現場研修会

月 日：9 月 30 日（金）
場 所：玉島笠岡道路佐方地区第 2 改良工事現場（岡山県浅口市佐方地先）
出席者：23 名
研修内容：座学①情報化施工に関する最近の状況…国土交通省中国地方整備局

企画部機械施工管理官 藤山利人氏
② TS を用いた出来形管理技術の概要と内業、実習① TS を用いた出来形管理技術の外業 ②マシンガイダンス技術のデモンストレーション

■ 四 国 支 部

■防災協定に係る情報伝達訓練の実施

月 日：9 月 1 日（木）
参加者：46 社
内 容：四国地方整備局総合防災訓練に協力し、連絡系統に基づく防災情報伝達訓練を実施

■建設機械施工技術検定実地試験の実施

月 日：9 月 8 日（木）～9 日（金）
場 所：善通寺市（日立建機(株)東四国営業所構内）
受験者：実人員 230 名（1 級 57 名、2 級 173 名） 延べ人員 296 名（1 級 101 名、2 級 195 名）

■建設施工研修会を開催

月 日：9 月 20 日（火）
場 所：サン・イレブン高松
参加者：83 名
内 容：新技術・新工法等（パームジュメーラ海底道路トンネルプロジェクト等 11 件）に関する映写会

■ 九 州 支 部

■施工技術検定実地試験

月 日：9 月 1 日（木）～9 日（金）
受験者：1 級：延べ 268 人、2 級：延べ 534 人

■企画委員会

月 日：9 月 21 日（水）
出席者：久保田正春整備部会長ほか 5 名
議 題：①建設機械施工技術検定実地試験結果について ②施工安全講習会開催計画について ③本部理事会提出資料について ④運営委員会及び平成 24 総会開催について ⑤その他

編集後記

さわやかな秋となって参りましたが、読者のみなさまいかがお過ごしでしょうか？

今、この原稿を書いているのは8月ですが、天の助けか、今年の夏は昨年のような猛暑ではないようです。節電15%が叫ばれていますが、各企業は、言われるまでもなく自主的に節電に努めています。何か日本的な光景で、日本人の美質が発現されているようです。

さて、過日7月26日に東京ビッグサイトで下水道展'11 東京が開催され今回のテーマとも関連するので行ってきました。そこでは、推進工法のコーナーが設けられていました。各種の工法協会がたくさん作られているのに驚きました。やはり、建設費が注がれている分野には、技術も集まってくるようです。予算が多ければ、いろんな技術が集中的に集まり開発意欲も旺盛になることを実感しました。蛇足ながら、実際に機械にふれて、担当者の話を聞くと即物的に理解できた気になります。結構いろんなタイプの工法がありますが、それは、切削部のヘッドの違いであったりして、根本の幹の部分では同じでいろいろ枝分かれしているのです。

今回の山岳トンネル、シールド・推進工特集では、最新のトンネル、シールド、推進技術と施工事例及び、

換気、照明といったトンネル施工環境の改善に関係した技術を紹介しました。

他の月の特集でも、情報化、安全、地下構造物などで、トンネル、シールド機械も取り上げられています。何を選んだらいいのか迷いますが、各社のニュースリリースや、関連月刊誌、新聞記事などを参考にさせていただきます。

巻頭言は臨床トンネル工学研究所の中川様にいただきました。報文は、節電、コストダウン、安全、維持管理、新材料、新施工技術など多様な内容になっています。すでにこの分野は既存工法も多くあり、できるだけここ1年の事例を集めました。交流の広場は、トンネル施工で重きをなす発破について解説をいただきました。トンネル関係の方に技術情報として役立てば、ありがたいことです。海外のトンネル工事についても掲載を企画しましたが、今回はうまく折り合いませんでした。次回の機会にご期待下さい。

まだまだ日本初のS字形急曲線施工など、トンネル、シールド施工に対し、従来にない要求が出て、それに答える技術が続々と生まれていることに日本の建設機械の技術者の底力を感じます。

最後に、今回執筆いただいたみなさまには大変お忙しいところ執筆をお引き受けいただきありがとうございます。

(京免・江本)

機関誌編集委員会

編集顧問

浅井新一郎	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	寺島 旭
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

山田 淳	農林水産省
伊藤 健一	(独)鉄道・運輸機構
松本 久	(独)水資源機構
宮崎 康信	鹿島建設(株)
和田 一知	(株)KCM
安川 良博	(株)熊谷組
渥美 豊	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)
星野 春夫	(株)竹中工務店
齋藤 琢	東亜建設工業(株)
相田 尚	(株)NIPPO
田岡 秀邦	日本道路(株)
磯野 義男	日立建機(株)
岡本 直樹	山崎建設(株)
中村 優一	(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)
野元 義一	五洋建設(株)
藤島 崇	施工技術総合研究所

12月号「建設施工の地球温暖化対策、環境対策特集」予告

- ・燃費基準の創設、低炭素型建設機械の普及支援
- ・コンクリート塊の再資源化による二酸化炭素固定
- ・建設リサイクルを通じた吸収作用の保全・強化の展望
- ・ウィンド・パワー・かみす風力発電所工事
- ・中温化(低炭素)アスファルト舗装のCO₂削減効果
- ・国内初 オフロード法2011年基準適合の油圧ショベル
- ・ハイブリッド油圧ショベル
- ・建設機械の燃費評価方法 JCMAS 燃費試験方法と燃費評価値
- ・オーダーメイド型の土壌・地下水浄化技術 バイオフレンドリー工法
- ・海上工事で発生する海底振動が周辺生物へおよぼす影響
- ・鉄鋼スラグによる海域環境改善技術
- ・建設リサイクルの状況
- ・建設機械における環境負荷物質の低減活動

No.741「建設の施工企画」 2011年11月号

〔定価〕1部840円(本体800円)

年間購読料9,000円

平成23年11月20日印刷

平成23年11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 社団法人日本建設機械化協会

〒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〒460-0008 名古屋市中区栄4-3-26	電話 (052) 241-2394
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 FAX 03-5472-1802 E-MAIL: info@kyoeitushin.co.jp

担当 本社編集部 宗像 敏