

# 建設の施工企画 **2**

2005 FEBRUARY No.660 JICMA



2005ふゆトピア・フェア in 旭川 除雪機械展示・実演会

## 建設ロボットとIT技術特集

- 建設ロボットとIT施工に関する最近の技術開発
- 現場ニーズに応えるロボット技術・IT
- 油圧ショベルのイーザーオペレーション化のための操作装置
- ホイールローダの自動化
- 無人ラフテレーンクレーンの開発

## 速報 新潟県中越地震に関する現地調査の概要

# 新潟県中越地震に関する現地調査

被災状況



↑写真-1 / 三俣町の堤防被害

復旧状況

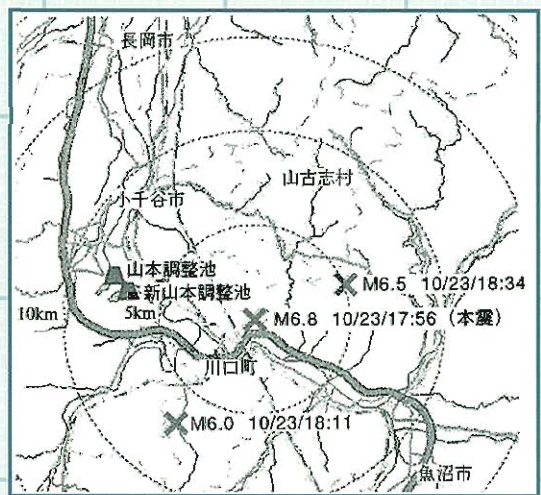


↑写真-2 / 応急復旧工事  
(3点とも本文の参考文献1)より

復旧完了



↑写真-3 / 応急復旧後の状況



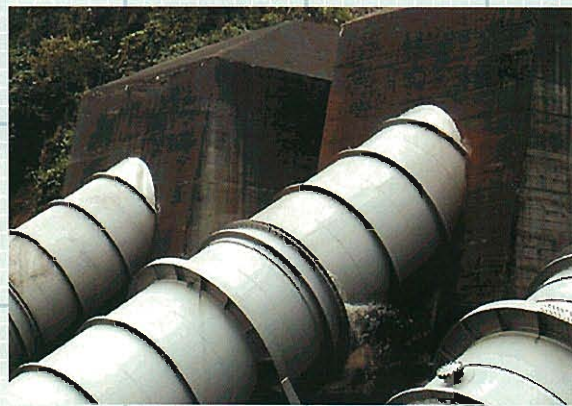
↑写真-4 / 震源からの距離 (本文の参考文献2)より



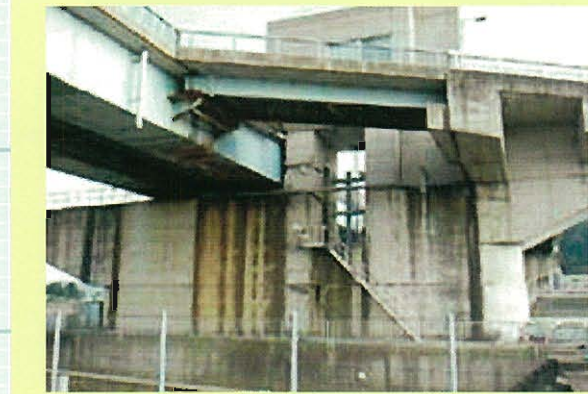
↑写真-5 / 第2調整池の法面のすべり (本文の参考文献3)より



↑写真-6 / 新山本調整池天端覆土



↑写真-7 / 小千谷発電所導水管からの漏水  
(本文の参考文献3)より



↑写真-8 / No.8堰柱の損傷 (本文の参考文献4)より



↑写真-9 / 同拡大写真 (本文の参考文献4)より

注) このグラフィックは現地調査団撮影写真と既発表の引用・提供写真からなっています。

# 新潟県中越地震に関する現地調査



写真-10 / 被災直後の状況 (写真提供: 日本道路公団)



写真-11 / 長岡市付近の関越道上り線



写真-12 / 山辺橋の被災状況 (右が新橋)



写真-13 / 橋軸直角方向の面 (写真提供: 国交省)



写真-15 / 断面修復状況 (写真提供: 国交省)



写真-14 / 橋脚の補修後の状況 (写真提供: 国交省)

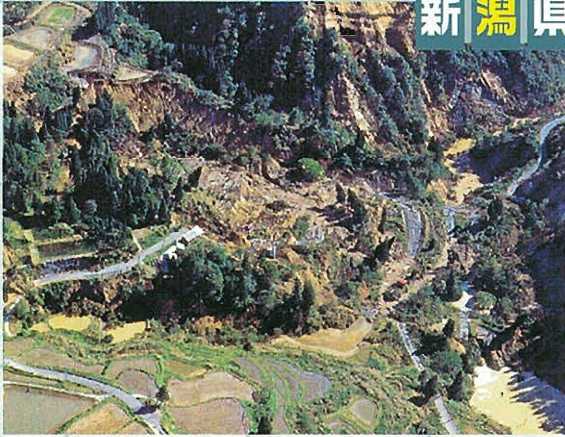


写真-16 / エアーマット養生 (凍害防止) (写真提供: 国交省)



写真-17 / 二次覆工コンクリート (写真提供: 国交省)

## 新潟県中越地震に関する現地調査



⇩写真-18 / 寺野地区の河道閉塞



⇩写真-19 / 完成した排水施設



⇩写真-20 / 国道17号線側の法面崩壊状況  
(写真提供:国交省)



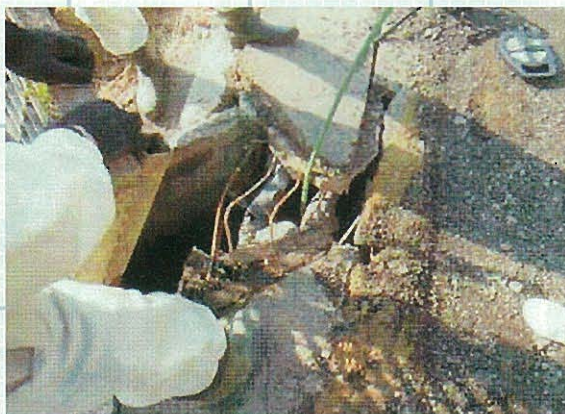
⇩写真-21 / 国道17号線側の法面復旧施工状況  
(写真提供:国交省)



⇩写真-22 / 消雪パイプの被害



⇩写真-23 / 消雪パイプの亀裂



⇩写真-24 / 消雪パイプジョイント部の損壊



⇩写真-25 / フレキシブル管の挿入状況

# 新潟県中越地震に関する現地調査



写真-26 / 仮設ホースでの散水実験



写真-27 / 妙見町斜面崩落現場



写真-28 / BH搭載カメラ映像



写真-29 / 遠隔操作室内



写真-30 / 転石等破碎開始



写真-31 / 無人化施工用油圧ショベル



写真-32 / 寺野地区の不整地運搬車

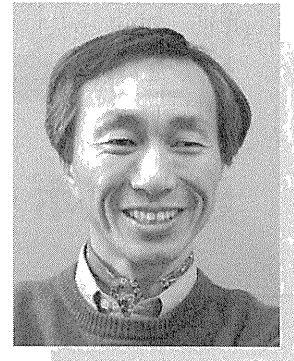


写真-33 / 寺野地区のニブラ付きトラック

## 巻頭言

## 建設作業のロボット化

油 田 信 一



約四半世紀前、昭和55年頃に日本国内で多くの生産工場に産業ロボットが導入されてそれまでに比べて一段と複雑な生産工程が自動化された。この年はロボット元年と呼ばれ、世間はいわばロボットブームに沸き、ロボットの適用範囲が広がって、建設作業のロボット化も進むことが期待された。とくに高度成長によって労働者の不足が深刻となり、建設作業のような3K作業はロボット化されるべきと多くのエンジニアも考えた。

それ以来、多くの建設機械やロボットの技術者は建設作業のロボット化に取り組んで来ている。しかし、その後25年経っても、残念ながら建設現場で華々しく建設ロボットが働いているという状況になっていない。

なぜか？

その最大の理由はロボットが「夢の技術」だからである。「夢」は実現するまでが夢であって実現された後は夢ではなくなる。ある時期に夢として追い求めていたものでもそれが手に届くものになってしまうとそれは単なる一つの「技術」にすぎなくなる。ロボットにはそのような宿命がある。ロボット技術屋がロボットに定義を与えると、例えば、「複数のリンクの組み合わせで手先を3次元的に動かすことが出来、それによって作業を行う機械」となる。したがって、「操縦によって手先の3次元位置を自由に動かすことができ、重量物をハンドリングできる機械」も立派なロボットである。しかし、この定義に従うと、普通に働いているバックホウも「操縦型ロボット」ということになってしまう。しかし、誰もバックホウをロボットと呼ばないのはそれが完成した技術で、もはや夢ではないからである。つまり、ロボット技術に求められていることは、今は「ロボット」と考えられている機械を、「ロボット」ではない確立した機械とすることとも言えよう。

実際、建設・施工の機械化、自動化や遠隔操作技術、あるいは、そのためのセンサや制御の技術は着実に進歩しつつある。実際、25年前には「ロボット」と考えられていた機械が大規模な工事現場や災害復旧現場で働くようになってきている。しかし、残念ながら「ロボット化」によって一挙に夢が実現するというにはなりにくい。

さて、自律的に作業を行う建設ロボット、というより建設の自動機械化について。

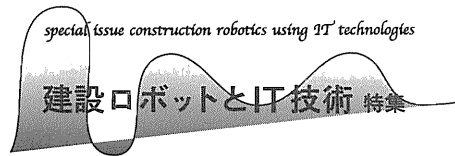
建設作業を自動化しようとする時、技術的な最大の難関は作業の対象や作業を行う空間がキチンと整備されていないことである（ロボット技術ではこれをunstructuredな環境という）。それゆえ、作業を自動的に行おうとするロボットにとっては、環境や現在の状況の認識がきわめて重要である。工場内の生産工程では、通常、作業のシーケンスを予め定めたプログラムによって逐次行ってゆける。しかし、建設現場では作業対象は完全に図面どおりではなく、作業の小さなステップ毎に状況をキチンと認識してそれに適応しつつ作業を進める必要がある。この状況の認識は人間にとっては容易だが、機械にとっては最も難しい。

そこで、「完全自動化は難しいから、機械にとって難しいところには人間が介入し、機械に出来るところは自動化する」という発想が生まれる。そのアイディアは基本的には正しい。というより、それ以外に現実の問題を解決する方法はない。

しかし、この立場で作業の自動化を進めようとしても、改めて、ロボットの状況認識能力の不足という大問題に直面する。それはオペレータである人間の行動・動作がロボットから見て最も予測しにくく、人間が介入することにより、状況の認識が一段と難しくなるからである。ロボットから作業の主導権を人間に移すのは簡単である。しかし、人間が何かをやった後で、その始末をロボットにさせることはきわめて難しい。

人間が主導でやっている作業を途中からロボット主導に移管することをいかにして実現するか。これが出来ないと、常に人間が主導して作業を進めつつ、時々ロボットを道具として使う、というやり方しかなくなってしまう。

自律的に作業を行わせることは、災害現場などの機械による作業の迅速化にとっても建設の効率化と経済性にとっても大いに期待されている。しかし、そのためには環境の状況を知るためのセンサ・認識技術と、丁寧に機械とオペレータの仕事の分担を分析して役割の切り分けを行うという地道な開発を進めて行くしかない。



# 建設ロボットと IT 施工に関する最近の技術開発

藤野 健一

IT やロボットなど、近年進展が著しい技術を活用し、施工の品質確保や省力化、生産性の向上をねらった施工技術の開発、実用化が進んでいる。

これまでの建設ロボットや無人化施工技術は特に災害対策等における活用に限定されるものであったが、情報化施工と組み合わせることによって施工管理の簡便化、品質確保をねらった取組みや、危険箇所へ近接する施工を行う際に無人化施工を利用することにより、付帯する仮設工事を省略することによってコスト縮減をねらった取組みが進められている。

ここでは、このような建設ロボット、IT 施工として情報化施工及び無人化施工の現況について紹介するとともに、今後の展望を述べる。

キーワード：建設ロボット、IT 技術、無人化施工、情報化施工、コスト縮減、品質確保

## 1. はじめに

平成 16 年度は度重なる台風による新潟、福井、兵庫の水害や新潟県中越地震など、多くの災害に見舞われ、甚大な被害が発生した。これを通じて、我々は日本が曝されている自然の脅威と国土の脆弱性に認識を新たにすると共に、安全・安心な国土基盤を整備することの重要性を再認識させられることとなった。

しかし、国民の生活を支える社会資本整備に必要な建設投資は減少の一途をたどっている。さらに、この社会資本を構築する建設産業を取巻く環境も大きく変化し、少子・高齢化に伴う労働生産人口の減少やこれに伴う熟練作業者の減少等が進んでおり、建設事業の推進に当たってはコスト縮減、省力化、生産性の向上、品質向上など多様な取組みが必要な状況にある。

これまで建設産業では、施工の自動化・合理化などの取組みを進めてきたが、

- ① 単品受注生産
- ② 屋外での現地作業
- ③ 工程毎の分業生産

等の特性を有しているために、製造業などの他産業に比べて立後れている状況にあった。

しかし、近年の IT の進展に伴い、CALS/EC や 3D-GIS が施工現場に導入されたことから、「情報化施工」の利用効果が飛躍的に向上し、建設生産管理シ

テムや建設ロボットの利活用にも大きく門戸が開かれているのが現状ではないだろうか。

本報文では、建設ロボットと IT 施工、情報化施工の現況について紹介するとともに、これと関連の深い国土交通省の無人化施工技術を紹介する。

## 2. 情報化施工の現況

「情報化施工」(図-1)とは、情報技術を建設生産に適用するもので、施工に関する情報の効率的な利用により、施工の効率性、安全性、品質の向上、省力化、環境保全等に関する施工の合理化を図る生産システムを指す。フィールドデータをリアルタイムに計測し、施工管理の省力化や施工の自動化による生産性の向上などの効果が期待される。

ここでは、具体的な例として、盛土の締固め管理を取上げてみる。

近年、TS や GPS により自動かつリアルタイムに計測された締固め機械の走行軌跡と 3 次元座標情報から転圧回数を確実に把握する盛土締固め管理システムが各種開発されている。従来の締固め管理では砂置換法や RI 計法を用いた「締固め度」がその指標とされている。情報化施工を活用する場合、管理指標は車載モニタに表示される施工管理ブロックにより規定の締固め規定回数を締固めたことを判読する「締固め回数管理」となるが、この方式については従来の施工管理

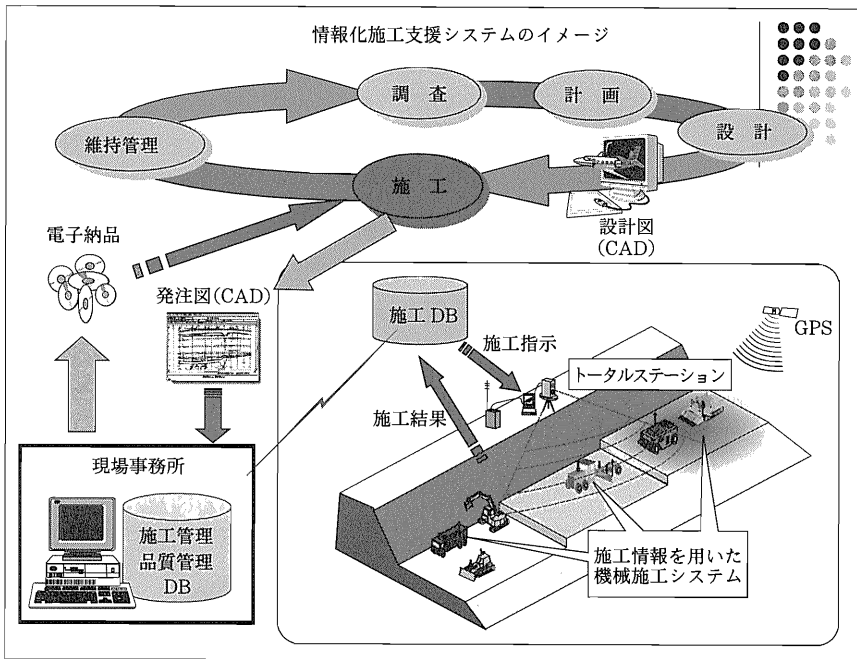


図-1 情報化施工のイメージ

要領では認められていなかった。

平成 15 年度に国土交通省関東地方整備局では「締固め回数管理」による施工管理の妥当性と実用性を検証するため、適正な管理ブロックサイズや適正な締固め回数管理の調査検討を行い、情報化施工に対応した「TS・GPS を用いた盛土の締固め情報化施工管理要領（案）」を策定した（図-2）。

この管理要領は、仕上がり層厚管理や出来高管理の簡便化をはじめとして、次のようなメリットをもたらしている。

- 盛土全面の締固め状況が把握できることによる品質の向上（品質の均一化）
- 締固め管理のリアルタイム把握による工程短縮（次層盛土の迅速な施工）
- 品質管理業務の簡素化・効率化（品質管理のための計測時間短縮）
- 締固め回数の管理による過転圧の防止（施工の効率

化)

- オペレータの省技能化（オペレータの熟練度に左右されない品質確保）
- 品質管理業務の電子化による電子納品への対応（施工管理の合理化）

### 3. 建設ロボットの開発に向けた取組み

製造業の分野では、生産性、精度、品質を高めるために産業用ロボットが様々な形態で活用されているが、建設施工の分野では、ロボット技術の活用事例はまだ多いとはいえない。いわゆるバブル期にはコンクリート床の仕上げロボットなどが民間建設企業によって開発される等、一時期ブームを起

したが、結局のところコストパフォーマンスと汎用性がなかったことなどから、開発レベルに止まり、実用化への道りは険しかった。これまでに実用されてきた主な建設施工用ロボットとしては、災害復旧用バックホウ、ブルドーザ等の遠隔操作技術（リモコン技術）、シールドトンネルの全自動運転のような自動化・複合施工技術等があるが、災害緊急復旧等の特殊現場等、特定の現場への適用に止まっており、建設施工用ロボットの開発、普及が広く進められていないのが現状である。

このような過去の反省と現在の IT 技術の進歩を踏まえ、国土交通省では、平成 15 年度より平成 19 年度までの 5 ヶ年の計画で、最先端の IT やロボット技術を活用し、既にある災害復旧現場等におけるロボット施工技術の汎用性を高めるとともに、施工現場において容易に利用可能な 3 次元空間データを用いた施工技術や遠隔操作ロボット等による施工技術の研究開発に着手した。この研究については、別途報告があるため、

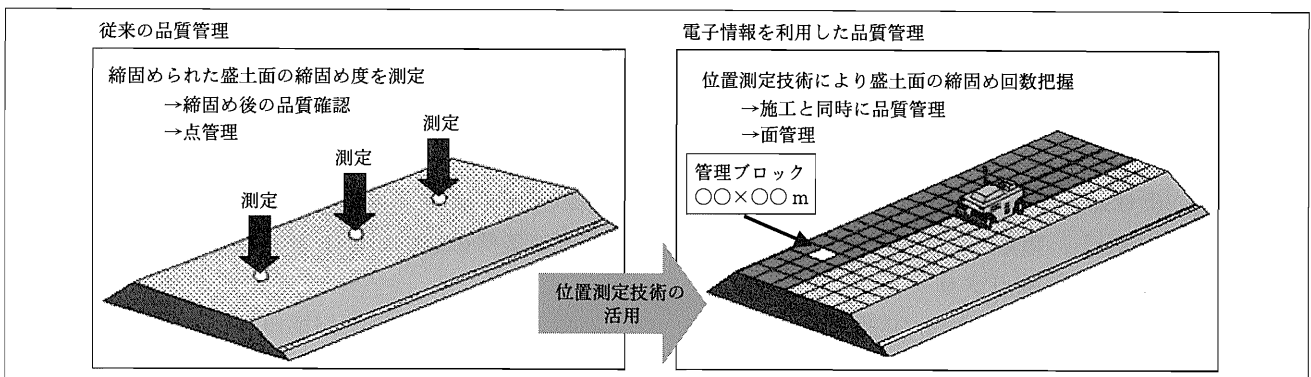


図-2 情報化施工による締固め管理



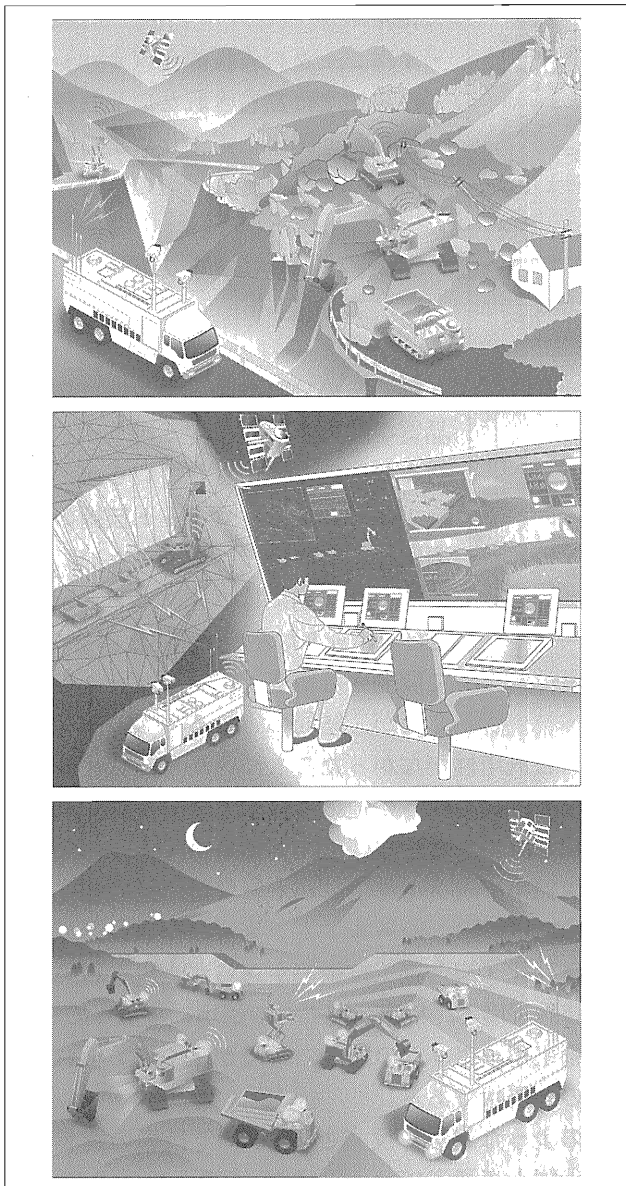


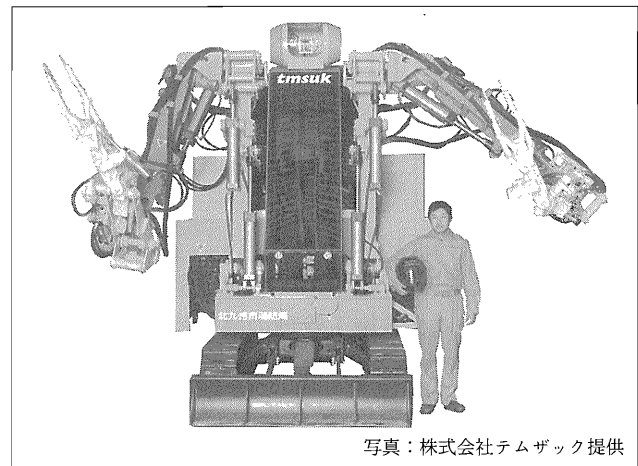
図-3 国土交通省技術基本計画における建設ロボット利用イメージ

ここで詳細を述べることは避ける。

なお、国土交通省では、社会資本整備、交通分野を中心に平成15年度から平成19年度までの5年間を計画期間として、その間の国土交通省の技術研究開発の方向性を明らかにした「技術が支える明日の暮らし—国土交通省技術基本計画」（以下、「技術基本計画」という）を策定している（図-3）。この技術基本計画は、国土交通省の技術研究開発の方向性をできるだけ具体的に示すことにより、産学官における研究者が共通の認識を持ち、より効率的な技術研究開発が促進されていくことをねらいとし、重点的に実施する研究開発テーマとして、10テーマが重点プロジェクトとして位置づけられている。これらの具体的な内容については本誌で別途紹介されているので、そちらを参考にされたいが、重点プロジェクトの一つとして、建設ロボット

等による自動化技術の開発が挙げられており、建設工事からの危険、苦渋作業の解消のために最先端のITやロボット技術の活用について、産官学で連携をとりながら、今後国として積極的に取り組んでいく方針が示されている。

なお、現在、建設分野におけるロボットとしては、九州技術事務所及び株式会社フジタが共同開発した建設機械遠隔操縦用ロボット「ロボQ」は既に数多くの災害現場での建設機械の遠隔操作に活躍している。また、株式会社テムザックの開発した災害対策ロボット「援竜（T-52）」等も今後の災害現場をはじめとした建設分野での活用が模索されている（写真-1）。



写真：株式会社テムザック提供

写真-1 援竜 T-52

#### 4. 無人化施工の現況

新潟県中越地震においては、地盤の弱い山間部が直撃されたため、大規模な崩落や地滑りが発生し、厳しい状況下での復旧作業が余儀なくされている。これに対応するものとして、雲仙普賢岳や有珠山の災害において培われた無人化施工の技術が効果的に利用されている。ここでは、共用変換器タイプの遠隔操縦対応型バックホウ（北陸地方整備局で開発）が用いられ、簡易遠隔操縦装置（ロボQ）等に関しても活用が検討された。

無人化施工は「遠隔操作機能等の高度な操作制御システムを有する建設機械及び画像装置などにより、作業エリアが無人の状態で行える施工法」である。実際の活用場としては、新潟県中越地震の被災箇所のような条件の厳しい箇所も主要な活躍の場の一つである。

このような無人化施工が採用される場合の条件は概ね以下の二つに大別できる。

- ① 対象地域を施工するに当たって、立入り禁止区

域等を伴う危険箇所であり、有人施工できない場合

② 対象地域を有人で施工するに当たって、大きな仮設や迂回路を必要とし、コストや時間を要するために、無人化施工で実施する事に優位性がある場合

①の場合は、いわゆる災害復旧現場における無人化施工を意識しているが、②においては、一般的な施工現場においても工期短縮、コスト縮減に対しても無人化施工の有効性を活用しようとするものである。

共用変換器やロボQは①を指向して開発されたものであるが(写真-2)、最近、②を指向して北陸地方整備局で開発されたものに無人ラフテレンクレーンがある(写真-3)。このクレーンは白山の砂防工事現場(北陸地方整備局金沢河川国道事務所)で利用されて



写真-2 運転席にセットされたロボQ

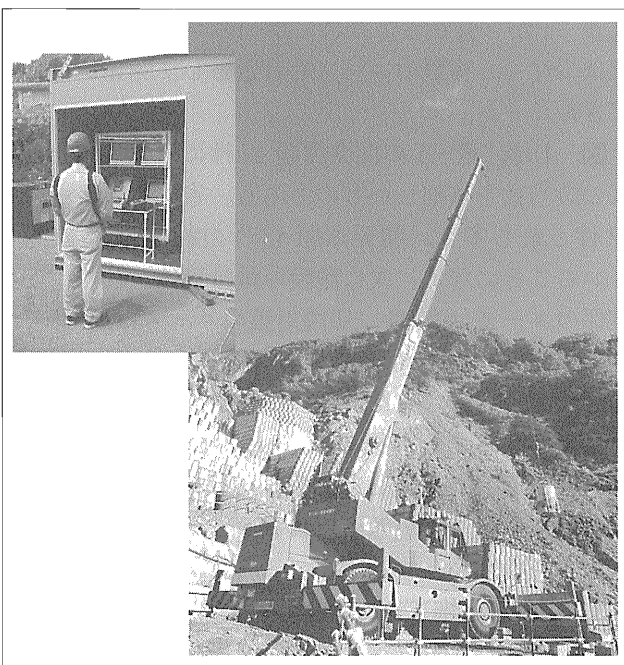


写真-3 無人化クレーンと操作状況

いるが、安全性を確保するだけでなく、工事用道路の建設などの合理化により大幅な工期短縮とコスト縮減を達成している。さらに、このクレーンは災害復旧活動への支援も期待されているところである。

## 5. 次世代に向けての施工技術

本報文では、これからの施工技術として、建設ロボット、IT施工・情報化施工、無人化施工の技術の現状を紹介した。情報化施工については盛土の締固め管理を紹介したが、今後はさらに工種を展開すると共に、CALS/ECとの連動によるより高い効果の検証やコスト構造改革における品質確保の方策としての検討など、今後はメリットを明確化していくことが肝要である。

すなわち、マネジメント面としては、施工管理者としてCMへの情報活用、施工業者として生産システム・品質管理システムへの情報活用、発注者・工事監督者として検査・監督業務への情報活用などが想定される。さらには、この技術の活用は建設現場によっては生産システムを一般製造業と同等のレベルまでに改善する可能性を秘めている。さらに、施工の自動化・合理化面としては、電子丁張り等を導入することにより、狭隘な湾曲部における施工などの効率化や精度・品質の向上などの効果が確認されており、今後さらに無人化施工と組み合わせることにより、施工条件の厳しい現場における施工効率改善などにも効果が期待される。そのためには、現状の施工に関わる監督方法や品質管理のあり方などを含めた総合的な検討を行い、情報化施工の効果を最大限に発揮させるための環境整備を行うことが重要である。

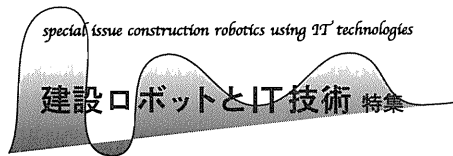
このように、建設ロボットやIT施工、無人化施工では情報処理技術、無線技術、電子測量技術、画像処理技術など、様々な分野の技術が総合的に利用されている。従来から建設施工技術はこのような技術を総合的に活用していく、いわゆる実用化研究の代表格とされている。今後も各分野等で開発された先端的な技術を積極的に取り入れ、次世代の施工を展望していく方針である。

JCMA

### 【筆者紹介】

藤野 健一 (ふじの けんいち)  
国土交通省総合政策局  
建設施工企画課  
企画専門官





# 現場ニーズに応えるロボット技術・IT

## —施工技術総合研究所におけるロボット技術・IT への取組み—

竹之内 博行・西ヶ谷 忠明・上石 修二

近年では、従来の機械技術、ロボット技術に加えて、設計で提供される情報と現場施工で得られる情報を、IT を用いて有効に活用することにより、建設工事の効率化、品質向上、環境負荷の低減などを目指す「情報化施工」の実現に向けた研究開発が進められている。本報文は、現場ニーズ対応型作業装置開発からロボット・IT 技術に支えられた情報化施工システムへ対応した技術開発への変革の中で、施工技術総合研究所の取組みの一部を紹介するものである。

キーワード：情報化施工，ロボット技術，IT，建設工事，現場ニーズ，技術開発，出来形管理，GPS

### 1. はじめに

社団法人日本建設機械化協会施工技術総合研究所では、各種建設工事の施工法および施工機械に関する調査研究を実施する中で、これまで国内外の多種多様な建設現場の要請により様々な施工機械の開発に取り組んできた。これらの多くは、安全確保、品質確保、省力化、工期・工費の縮減などの切実な現場ニーズに即座に応えようとしたもので、既往の技術を効率よく組合せたり、最先端のロボット技術を活用したりして、新機種の開発を行ってきた。また、現在でも活発に行っている。

一方、近年では、従来の機械技術、ロボット技術に加えて、設計で提供される情報と現場施工で得られる情報を、IT を用いて有効に活用することにより、建設工事の効率化、品質向上、環境負荷の低減などを目指す「情報化施工」の実現に向けた研究開発が進められており、施工技術総合研究所（以下、当研究所）においても様々な取組みが行われている。

本報文は、上述のような現場ニーズ対応型作業装置開発からロボット技術、IT に支えられた情報化施工システムへ対応した技術開発への変革の中で、施工技術総合研究所の取組みの一部を紹介するものである。

### 2. 受託業務における開発ニーズの傾向

当研究所は、主に建設工事あるいは社会基盤施設の維持管理のニーズに基づく機械・装置等の開発を実施

している。ここでは、過去 10 年間の実績を振り返り、上記ニーズの傾向を分析する。

当研究所が担当した開発課題は、世の中の機械開発のほんの一部でしかないが、道路、河川、砂防の区分ごとに示すと表—1 のとおりである。

開発のニーズは、次のように項目設定し、表—1 では各開発課題ごとに該当する項目を選定し○印を付けた。

- ・省力化：コスト縮減，効率化，苦渋作業の開放
- ・維持管理：施設の維持管理
- ・環境対策：環境保護，快適な生活環境の確保
- ・安全確保：施設の保全，作業安全，防災など

表—1 から分かるように、単一のニーズに基づく開発は少なく、複数のニーズを背景として開発が行われてきた。

図—1 は、表—1 の開発課題 42 件に対する開発ニーズの該当数を整理したものである。省力化のニーズは 33 件と最も多く、開発課題 42 件の約 80% に該当していることになる。次に施設の維持管理が続く。安全確保のニーズは 21 件、環境対策のニーズは 19 件で、開発課題の約 50% に該当する。

近年の大規模な自然災害の多発や地球温暖化傾向などを考慮すると、今後の 10 年においてはロボット技術・IT の活用を前提とした安全確保、環境対策のニーズも増加することが考えられる。

### 3. 情報化施工への取組み

#### (1) 現場施工のモデルとロボット技術・IT

表一 受託業務における開発ニーズの傾向

(1) 道路施設のニーズに基づく開発

開発装置の名称	装置の概要	開発のニーズ				開発の熟度
		省力化	維持管理	環境対策	安全確保	
耐風型橋梁巡回点検車	台風等の暴風時に長大橋梁上において、一般車が走行不能な状況下でも、橋梁上の情報収集等の作業を行う巡回車	○			○	
吊橋の主ケーブル補修用作業車	長大吊り橋主ケーブルの防錆処理のため、ケーブルに懸垂し自走が可能なケレン作業車、ラッピング作業車	○	○			
磁石車輪式塔点検補修用ゴンドラ	斜張橋などに設置される塔点検補修用設備について、永久磁石内蔵車輪により位置保持が可能で、専用ガイドレールを不要とするゴンドラ	○	○			
橋梁塗替え用ローラー塗装装置	主塔や箱桁の一般部を対象に4種素地調整と2層塗りを行う機械	○	○			
視界改善・操作レバー簡素化除雪グレーダ	除雪グレーダ作業の省人化に対応するため、運転手の視界改善及びレバー操作の簡素化を図ったグレーダを開発	○			○	
橋梁ケーブル検査車	小規模ケーブル用検査車	○	○			
排水性舗装用清掃車	排水性舗装の機能保持のため、洗浄、吸引の機構を有する清掃車	○	○	○	○	
透光性遮音壁清掃機械	形状、寸法等が多種多様な透光性遮音壁を安全かつ効率的に清掃するための機械	○	○	○		実
トンネル壁面清掃車	トンネル壁面突起物の自動回避機能と壁面に合わせたブラシ交換を現場で行える清掃機械	○	○	○		用
曲面型透光性遮音壁清掃機械	美観上の優位性から採用されるようになった、曲面で構成する透光性遮音壁の定期的な清掃用機械	○	○	○		化
作業車搭載型排水ポンプ	道路冠水や共同溝の水災害対策として、多目的作業車に搭載して用いる排水ポンプ装置	○			○	
ハンガー制振ヘリカルロープ施工機械	長大吊り橋ハンガーロープの風による振動を抑制するため、ハンガーに沿って細紐を巻き付ける機械	○	○		○	
透光性遮音壁清掃機械	多種多様な形状・構造の透光性遮音壁に対応できるよう水ジェットを使った清掃機。CNGエンジンを動力とする。	○	○	○		
ソイルソーイング施工機械	急勾配盛土を実現するため層状の盛土内に水平方向に配置したジオシンセックスを、上下方向につなぐための機械装置	○			○	
トンネル覆工打音点検装置	道路トンネル覆工の定期点検を連続的に効率的に行うため、打音発生装置と打音解析装置を搭載した車両	○	○			
多機能化除雪車	除雪トラックをベースとし、プラウを一時的に外してロータリ装置を付加することができる除雪車。少雪地域に適用する。	○			○	
主塔点検補修用ロボット	長大吊り橋主塔などの点検・補修を行う、磁石車輪を内蔵し、添接板の段差を乗り越え可能なロボット走行装置及び作業用のマニピュレータ装置	○	○			
道路路肩用除草作業車	ガードレール、道路標識などの障害物が多い道路路肩の除草作業を安全・効率的に行う機械	○	○	○	○	実証試験まで
急傾斜法面用除草機械	急傾斜法面の除草機械。軽量小型で車線規制を必要としない。	○	○			
緑地帯ゴミ収集機	道路脇にある緑地帯の中のゴミ除去技術の開発	○	○	○		
法面表層貫入試験機	吹付け法面の健全度や背面地山の風化程度を把握するための装置。	○	○		○	開
水循環式排水管清掃車	排水構造物清掃作業に必要な、排水管清掃車、側溝清掃車、散水車の機能を一台に集約した機械。泥水の再利用を行う。	○	○	○	○	発
トンネル壁面清掃機械	首都圏外郭放水路トンネル内面の点検のため、点検に先行して行うトンネル壁面清掃機械。	○	○	○	○	中

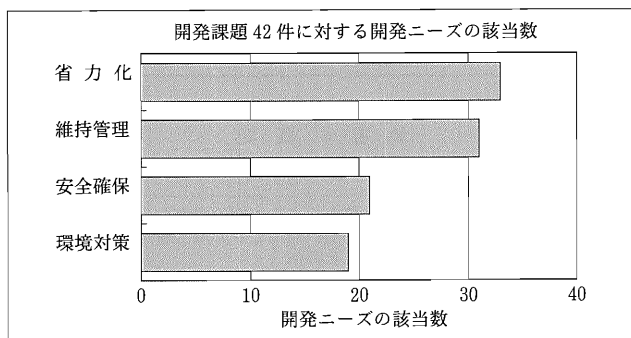
開発装置の名称	装置の概要	開発のニーズ				開発の熟度
		省力化	維持管理	環境対策	安全確保	
トンネル壁面点検装置	首都圏外郭放水路トンネル内面の点検を行うシステム。初動点検用として飛行船を用いた点検装置を提案	○	○		○	
トンネル壁面清掃車	歩道を有するトンネルの壁面清掃車。歩道スペースを走行するよう極めて薄い車体構造。	○	○	○	○	
急勾配法面除草機械	法勾配40度以上に対応する除草機械	○	○		○	
歩道緑部除草機械	歩道に生えた雑草を刈り取り、発芽を抑制するための加工を行う機械	○	○	○		

(2) 河川施設のニーズに基づく開発

開発装置の名称	装置の概要	開発のニーズ				開発の熟度
		省力化	維持管理	環境対策	安全確保	
アオコ回収船	湖面に浮遊するアオコを回収する喫水80cm、処理能力30m <sup>3</sup> /hの水面清掃船	○		○		
刈草焼却車	堤防等の刈草を現地で焼却する車載式小型焼却炉	○		○		実
根固めブロック掴み装置	異常出水時に堤防等洗掘防止のため、投入するテトラポッドを3本爪で掴む装置。		○		○	用
コンクリートブロック投入装置	異常出水時に堤防等洗掘防止として、コンクリートブロック投入する装置				○	化
ガタ土除去機械(船)	低流速河川の河口付近の樋門・樋管の前面に堆積するガタ土を除去する機械(船)		○		○	
河川底泥浚渫船	河川の底泥をスポット的に除去する小型で機動性の高い浚渫船		○	○	○	
植物廃材処理装置	刈草、ゴミ等植物廃材を、環境への影響が少なく安全に処理する技術として、微生物を使った処理装置				○	
軟弱地盤用除草機械	河川の高水敷でガタ土が堆積しているような軟弱地で施工可能な除草機械。刈草は結束して排出する。	○	○		○	河川底泥浚渫船
樋門等堆砂除去装置	樋門周辺に堆積し樋門操作の障害となる土砂を排除する装置。可搬式水中ポンプを使った噴流水で排除する。	○	○		○	
刈草圧縮処理装置	除草作業で発生した刈草を高温下で圧縮し板状に加工して養生マットや防草材を製造する装置				○	
水草処理機械	大量に発生したホテイアオイを回収・粉碎・脱水処理する機械	○	○	○		
流木処理装置	ダム貯水池に漂着した流木をチップ化しバインドレスボードを製造する機械	○	○	○		
水草回収処理機械	河川に繁茂する外来種水草を効率よく回収する機械を開発	○	○	○		開発中

(3) 砂防施設のニーズに基づく開発

開発装置の名称	装置の概要	開発のニーズ				開発の熟度
		省力化	維持管理	環境対策	安全確保	
峡谷部の資材運搬設備	峡谷部の植生等自然環境に与える影響を最小とする、ピンラック駆動の運搬設備			○		実用化
無人化コンクリート吹付け機械	峡谷部の砂防工事に用いる自動吹付けシステム。吹付け厚さをモニタ画像で確認し簡易操作で施工する	○			○	実証試験まで



図一 開発課題と開発ニーズの関係 (平成 6 年度～平成 15 年度)

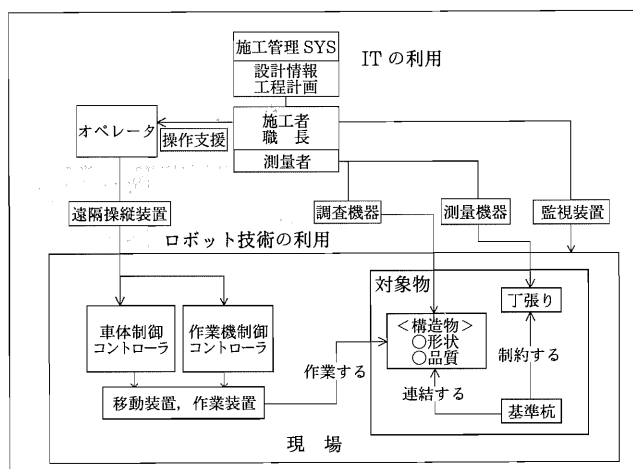
(a) 現場作業の分析

工事現場に投入されるリソースは、人、機械、調査機器等であり、一定の作業手順によって施工することで要求された出来形、品質を実現している。

道路土工を例にみると、施工者（請負者、あるいは現場での施工の責任者）、職長、測量者、オペレータなどの関係者が、以下のようなプロセスで業務を行っている。

- ① 施工者は、設計図書に基づき、管理断面に丁張りを設置し、管理する。
- ② 施工者は、施工計画、運土計画、工事進捗状況から施工場所について職長を通じてオペレータに指示する。
- ③ オペレータは丁張り、対象物の状態、機械の位置、姿勢を見ながら機械を操作し、作業を行う。オペレータは、通常、直接機械を操作するが、無人化施工などの場合は、映像を見ながら遠隔操縦装置を介して操作信号を伝達している。
- ④ 施工者は、出来形形状を測量し、出来形の管理図、出来高を整理する。

以上に示した、人、機械、調査機器などについて、それぞれの機能と扱う情報を踏まえてモデル化すると図一2のように表すことができる。



図一2 現場施工のモデル

(b) 新たな「情報化施工」

これまでの、ロボット技術として、遠隔操縦機械、自動化機械、また、ITとして、機械情報を利用した管理システム、高度な測量器械など様々な技術が利用されてきているが、最近では、3Dデータの取得が可能な測量器械、3D設計情報の利用、施工情報の共有等の新たなツールに支えられた「情報化施工」の兆しが見えてきている。図一2の現場施工のモデルには、ロボット技術、ITの適用範囲を示した。

施工技術総合研究所では、このような背景の中で現在提案され、構築されつつあるいくつかの情報化施工システムに対して、それを実際の施工現場に適用して、その実効性や改善点を検証するための実証実験に取り組んでいる。その例として、

- ・のり面切り土工の出来形管理、
- ・アスファルト舗装の出来形管理、
- ・盛土締固め管理

の3例の実証実験の概要を以下に示す。

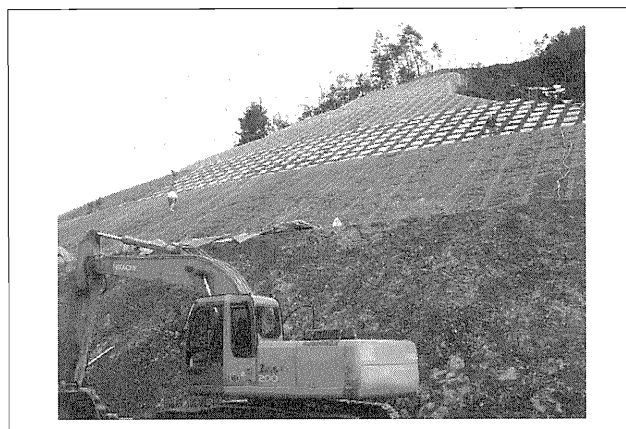
(2) のり面切り土工の出来形管理

(a) 技術の概要

トータルステーション (TS) と設計データを扱えるデータコレクタを用いて、測量者および施工者が計測機器から出力した3次元座標データを利用して、出来形値と設計値との差を自動算出できるシステムにより、のり面切り土工の出来形管理を効率化する。

(b) 実験内容

国道の歩道設置工事における出来形管理作業において従来型とIT型の双方を実施して、それらの作業効率を比較分析した(写真一1)。



写真一1 のり面切り土工での実証実験

IT型出来型管理では、測量者は任意の位置で測量し図一3に示すポイントネーム付きの3Dデータを得る。施工者は、このデータから設計と出来形の差違を

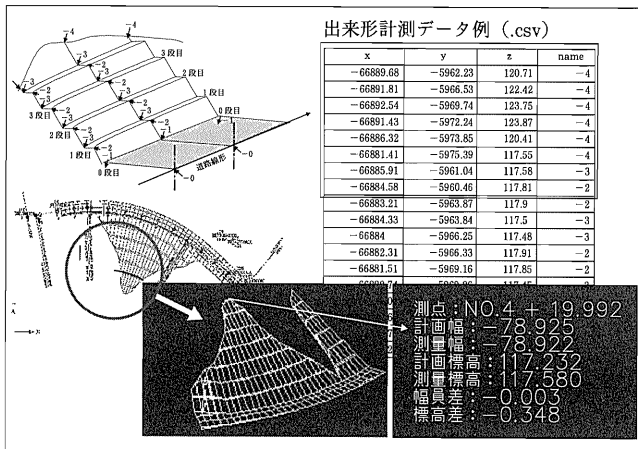


図-3 出来形と設計との差を確認画面例

画面で確認する。

図-4は、計測機器から出力した3次元座標データを利用して、出来形値と設計値との差を自動算出した画面の一例である。図のように、計測値、設計値を共に計画中心からの横断方向距離（道路中心平面線形に垂直）と高さ方向距離に変換し、それぞれの差で管理した。また、現行の規格値は全幅員に対して与えられているが、今回は計画中心から右と左に2分割して管理しているため、現行基準の1/2の値を基準として使用した。

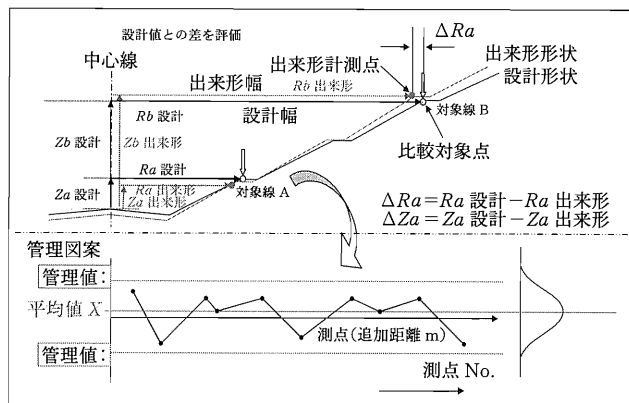


図-4 IT型出来形管理の管理基準

(c) 実験結果

実験の結果、測量における事前の机上計算などの準備作業や、丁張りなどの設置作業に時間短縮効果があることがわかった。図-5は作業従事者を対象として、どの程度作業の手間が省略されたかをヒアリングした結果をまとめたものである。それによると、測量作業は1/2になり、資料作成は1/4になるなど、大幅な時間短縮効果が認められ、これによるコスト低減も見込まれる。

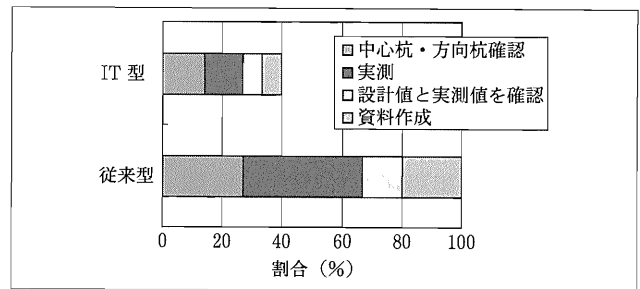


図-5 IT型出来形管理の推定効果

(3) アスファルト舗装の出来形管理

(a) 技術の概要

トータルステーションとデータコレクタを用いて、アスファルト舗装の層厚分布を面的に把握することにより、適性かつ迅速な出来形管理を実現する。図-6にその概念を示す。

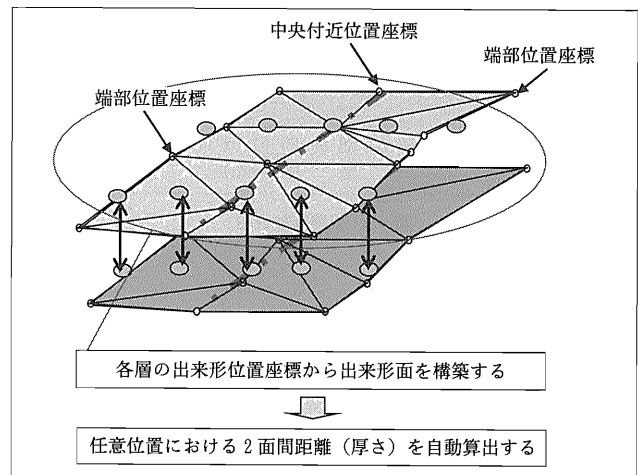


図-6 新しい管理方法概念図

(b) 実験内容

計測は、舗装工における各層の仕上がり面の道路中心、端部を5m間隔で行い、各層の3次元面形状が

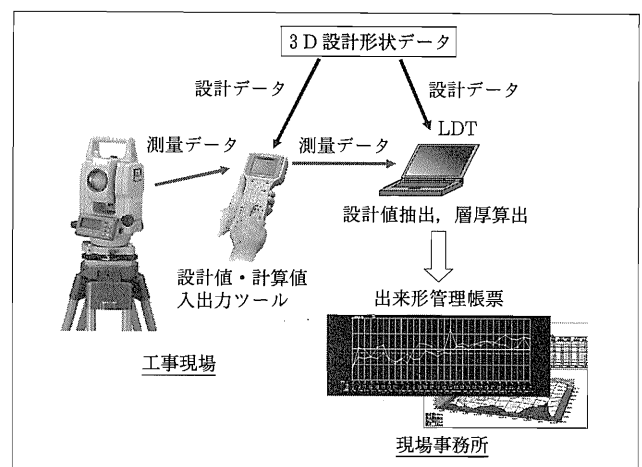


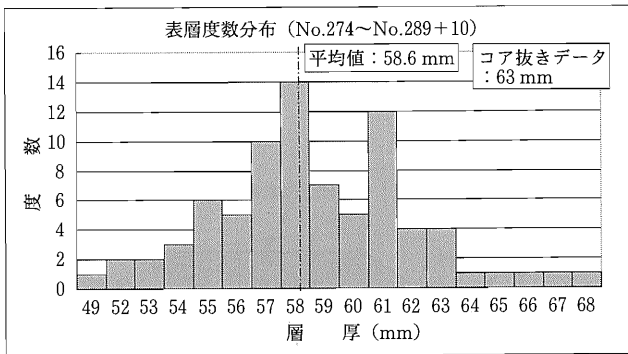
図-7 実験機器

ら、任意の位置（管理断面@10 m，中心からの離れ@1 m）で層厚を算出した。

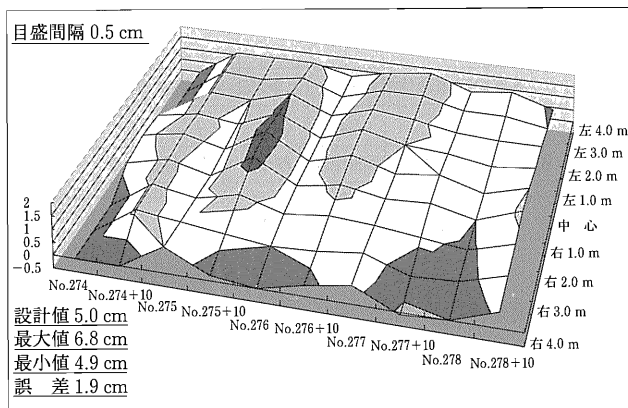
用いた実験機器は図一7に示すようなものである。

(c) 実験結果

図一8に、新規設置道路 100 m 区間（幅員 10 m）における表層厚の平均値および度数分布を示す。また、図一9に表層厚の差異の分布図を示す。これらの図に示されているようにこの区間内で比較的大きなばらつきを持っており、現行の層厚管理計測として、この区間内の1箇所だけコア採取により計測しても、層厚の代表値とはいえないことは明らかである。



図一8 表層度数分布



図一9 表層厚の差異分布図

この実験結果から以下のような事項が指摘できる。

- ① トータルステーション，レーザースキャナ等の計測器機を用いることで，舗装層厚の面的管理が実現できるものと考えられ，それら機器を用いた舗装層厚の面的管理手法の確立が必要である。
- ② 現状では，路盤工の不陸をアスファルト層厚によって調整している現状があり，路盤工を精度よく施工が可能であれば，高価で環境負荷が大きいアスファルト（表層）の使用量の削減につながる可能性がある。

(4) 盛土締固め管理

トータルステーション，GPS（全地球測位システム）を用いた敷均し締固め機械を用いた盛土施工の2事例を紹介する。

(a) 事例1

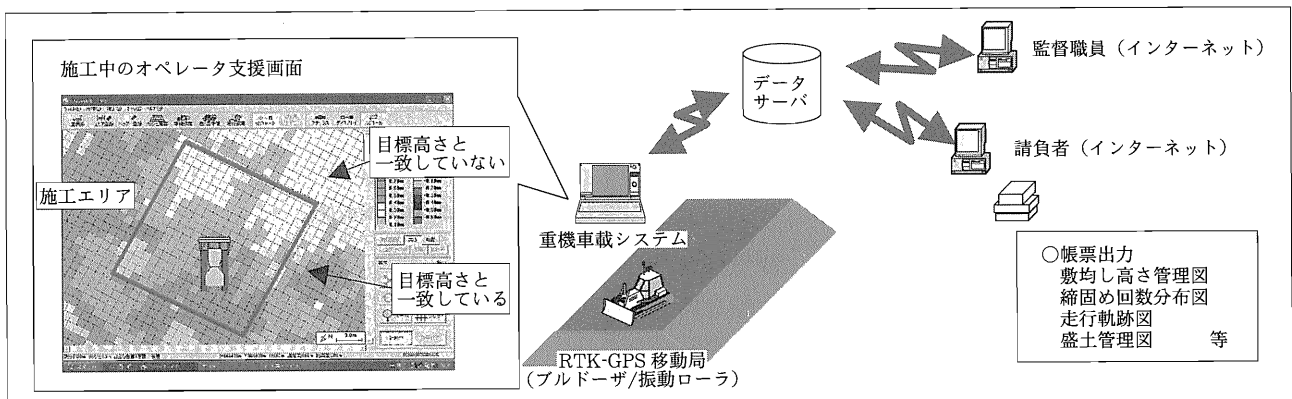
この技術は，敷均し，締固め施工において，施工機械に位置計測装置（RTK-GPS；Real-time kinematic GPS）を取付け，これらから取得できる走行軌跡を利用して敷均し高さ，締固め回数を求めつつ施工を行うものである。この技術により，施工状況の情報を施工者と監督職員，発注者が共有することで，施工状況の把握および出来型確認の迅速化が図られる。

図一10にこのシステムの概念を示す。また，測量者が任意の出来形取得位置で得たデータを，データコレクタが道路中心杭からの離れと高さに変換し，パソコンで帳票出力を行える方法で管理した（図一11）。

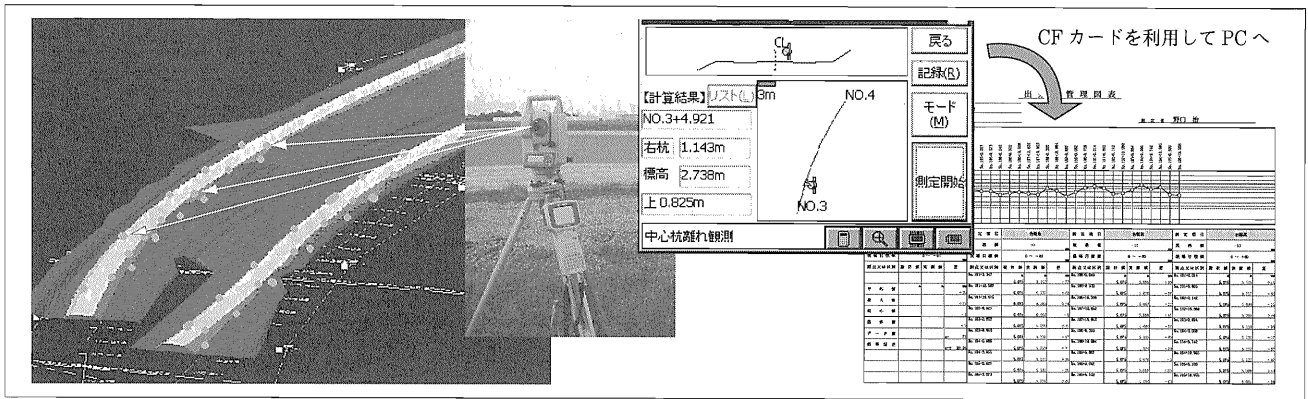
この事例については，すでに実証実験が終了しており，現在，これらの効果，今後の課題などについてとりまとめ中である。

(b) 事例2

この技術は「事例1」とほぼ同様であるが，ブルドーザでの締固め作業が必要なことと複数の搬入土を利用することが特徴である。そのため，施工機械に位置計



図一10 現場システムのイメージ図



図一11 出来形取得点と出来形管理方法

測装置 (RTK-GPS) を取付け、これらから取得できる走行軌跡を利用して敷均し高さ、締固め回数を管理するほか、これらのデータと材料情報を関連づけて管理するものである。

この事例についても、現在実証実験を終了し、これらの効果、今後の課題などについてとりまとめ中である。

#### 4. 今後の取組み

今後、ロボット技術・ITの進展により、現場のニーズに答えるための新たな施工機械の開発、あるいは構造物の3次元形状データを短時間に取得し解析する技術などの開発が進むことが考えられる。

当研究所では、これらの開発に際し、実証実験を最も重要なプロセスとして捉え、これまでどおり現場実験を踏まえて技術を確立する取組みを継続するつもりである。また、情報化施工については、これまで培ったノウハウを他の工種に展開し、建設施工の一層の合理化に貢献したいと考えている。

#### 5. あとがき

施工技術総合研究所では、自らの頭と手足を使って

技術開発に取り組んでいるが、各種の開発成果を具体的な装置やシステムとして生み出す製作技術が必要である。幸い、これまで理解のある協力会社に恵まれて、共に多大なリスクを負いながらも難題に果敢に挑戦することにより開発を推し進めてくることが出来た。改めて、ここにこれらの協力会社に感謝の意を表する。

JICMA

#### 【筆者紹介】



竹之内博行 (たけのうち ひろゆき)  
社団法人日本建設機械化協会  
施工技術総合研究所  
技師長

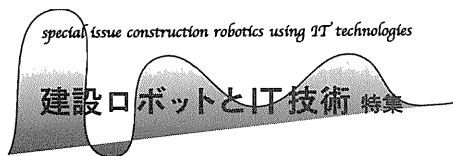


西ヶ谷忠明 (にしがや ただあき)  
社団法人日本建設機械化協会  
施工技術総合研究所  
研究第四部  
部長



上石 修二 (あげいし しゅうじ)  
社団法人日本建設機械化協会  
施工技術総合研究所  
研究第四部  
研究課長





# 油圧ショベルのイーゼーオペレーション化のための 操作装置

中野 栄二・久武 経夫

法面仕上げのような、熟練オペレータが油圧ショベルを用いて両手で行う高度な作業を、非熟練者が片手で容易に行えるようにした「モノレバー操作装置」を用いたシステムにおいて、さらに操作部、制御部、作業部をモジュール化し、またこれに3次元シミュレータをモジュールの一つとして付加することで、遠隔無人化施工に適し、システム構成が柔軟性に富む「インテリジェント油圧ショベルシステム」を構築した。オフセット付きの油圧ショベルに適するモノレバー操作装置と、本体旋回角度センサを新たに開発した。本報文では、このモノレバー方式の原理、特徴、応用などについて述べる。

キーワード：油圧ショベル，モノレバー装置，遠隔操作，バイラテラル制御，3次元作業シミュレータ

## 1. はじめに

本報文で紹介する研究は、独立行政法人科学技術振興機構の委託を受け、東北大学大学院情報科学研究科・中野研究室とシステムテクニカル株式会社が共同で行ってきた。また、本研究の基盤となるモノレバー方式は、山崎建設の委託を受けた研究開発プロジェクトにおいて筆者らの一人、中野により提案されたものである。

建設機械の中における油圧ショベルが占める割合は、我が国の場合、一貫してじりじりと増加しつつあるが、最近、その傾向が欧米や他の国々にも見られるようになってきた。このように油圧ショベルが重用される理由は、油圧ショベルを用いた作業が汎用性と柔軟性に富むことにある。そしてこの油圧ショベルの汎用性と柔軟性は、もっぱら本体-ブーム-アーム-バケットと連なる腕構造からくる。すなわち、腕構造の先端にバケットやグリッパなどの作業体がついているため、もしこれをうまく操ることができれば、非常に広範な動作や作業が可能となることによる。

この柔軟性の源となる腕構造は、接続リンク構成であるため、複数の関節角度をうまく操作してやりさえすれば先端のバケットやグリッパの動きは自由自在である。しかしその反面、たとえばバケットで法面仕上げや直線引きを行うには、いくつかの関節を同時にうまく操作してやる必要があるため、操作に長年の熟練を要し、しかも両手を使って行う必要がある。

これに対して、片手で操作でき、熟練を要しない

「モノレバー方式」が提案されている。コンピュータによる演算と制御を用いるこの方式では、レバーを動かすその動きがほぼそのままバケットの動きとなるため、オペレータのモノレバー操作感とバケット動きが合致するとともに、精度を要する法面仕上げなども容易に可能となる。また、バケットにかかる荷重や反力がオペレータにフィードバックされるため、熟練者が長年の経験からようやく五感で感じることの出来る微妙な操作感覚が、非熟練者でも比較的容易に感じることができる。

これらが総合的に作用して、たとえ全くの初心者がいきなり操作しても、ふつうの操作はもちろん、これまで熟練者でようやく達成できた各種の精密作業を容易に行うことができるのである。

このモノレバー方式のもう一つの特徴は、その可搬性と遠隔操作性にある。すなわち、モノレバー装置を通信で結ぶことにより、オペレータはコックピットから離れて作業現場を覗きながら操作したり、数百メートル離れたところから遠隔操作することが可能である。そのためには、モノレバーでの操作だけでなく、操作を支援するためのリアルタイム描画装置や、自由に視点を操作できる遠隔カメラの設置が有効である。

また、モノレバー装置は片手で操作できるため、もう片方の手でこの遠隔カメラの操作を行えば、これまで二人以上の操作者が必要だった作業が一人ですむことになり、しかもバケットなどを操作する本人が遠隔カメラも操作できるため、より自由自在な遠隔無人施工が可能となる。

## 2. モノレバーシステムの原理

市販のショベルは、2本のレバーによって操作されている。その操作法は各関節自由度において、油圧シリンダの油圧弁のオンオフを運転台の操作レバーの両手を用いた操作によって、各シリンダの制御弁をOn/Offすることにより行っている。

したがって、法面仕上げや平面引きなど、同時に複数のレバーを動かす必要があり、高精度を要する高度な操作（図-1）を行うためには、長年の熟練を必要とする。

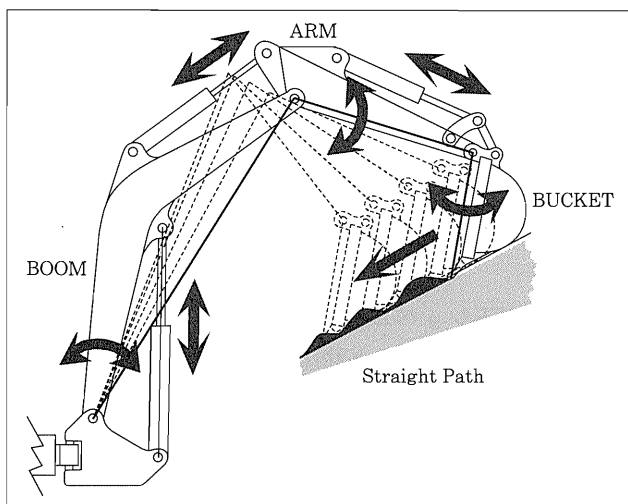


図-1 法面引き時（三つのシリンダを同時に動かす）

これに対して、片手で操作でき、熟練を要しない「モノレバー方式」が中野ら<sup>1)</sup>により提案された（中野、奥田：「油圧ショベルの操作性向上のための手動操作装置」，特許第2824167号，1998年9月）。

一方、このような直感型の操作装置に対して宮田<sup>2)</sup>は、操作性の向上にはベテランを超える生産性が必要であるとして、ベテラン並みの性能が出せる機械にしかすぎないならば、ベテランを連れてくれば済むと述べている。たしかにモノレバー方式はコンピュータ制御を基盤においているため、制御型の切替え弁や関節角度センサ、外力フィードバックのための圧力センサが必要となるなど、コストアップの要因がある。また、電気制御弁を介するため従来のマシンの操作性と異なる操作特性があり、熟練者にはかえって操作しにくい感触が得られることもあろう。

しかし、現実には熟練者が不足し、各現地作業所では、作業の進行スケジュールに合わせた熟練者の確保に頭を悩ませている。また、ちょうど自動車の運転におけるギアチェンジがマニュアル操作からオートマチック

クに移行してきたように、モノレバーなどで高度な操作が誰でも簡単にかつ容易にできるようになるだけでなく、熟練者にとっても安全性や利便性が大幅に向上する。これらを勘案すると、建設作業全体の生産性や安全性が大幅に向上することが予想される。さらに、農業や園芸、畜産などの、力の要る作業が数多くありながらこれまでほとんど油圧ショベルが普及していない現場にも、家族全員が簡単に利用できるパワフルマシンとしての普及が見込める。

このモノレバー方式では、操作者の片手の動作がそのままバケットの動きに反映されるなど、イーゾオペレーションにつながる以下のような多くの特徴がある<sup>1)</sup>。

- ・直感的な入力装置である
- ・高精度を要する直線動作を容易に実現可能である
- ・操作者が席を離れることができる
- ・作業反力を感じるができる

モノレバー方式では、レバーの操作量は、ショベル先端の位置ではなく、速度に対応している。このモノレバー方式におけるモノレバーの操作とバケットの動きとを対比した図を図-1に示す。

モノレバー方式以外では、関節構造が油圧ショベルと同構造のワンレバー方式<sup>3)</sup>の入力装置が考案されているが、このワンレバー方式でモノレバー方式と比較して欠点とされるのは、動作領域が大きく取れないという点である。通常のマスタ・スレーブと違い、油圧ショベルではマスタとスレーブのスケールが非常に異なる。そのため、手元の限られた動作領域をショベルの大きな作業領域に対応させるためにスケールの変換を施すが、そうするとショベルに微細な動きをさせることが難しくなる。また、誤ってレバーに触れて大きくレバーが動いてしまった時などは、ショベルは大きく動いてしまうことになり、危険である。

モノレバー方式では、マスタ操作量をショベルの速度に対応させることで、マスタ側に大きな動作領域が不要で、操作者は腕を比較的小さく動かすだけで済み、負担が少ない。

モノレバー以外の速度入力型の方式については、加藤ら<sup>4)</sup>が力フィードバックが可能なジョイスティックによる方法で研究を進めている。しかし、一般のジョイスティックは操作自由度が2であるため、そのままショベルの全自由度を操作するには両手で2本のジョイスティックを用いて操作せざるをえない。また、油圧ショベルにはバケットを上下に駆動する操作が頻繁にあるが、通常ジョイスティックでは上下駆動操作ができないため、操作の直感性に欠けるとともに、両

手が占有されてしまう。

(1) モノレバー装置

モノレバー装置は垂直 (y) と水平 (x) の回転とレバー ( $\phi$ ) の回転の自由度を持ち、各自由度にロータリエンコーダとサーボモータが取り付けられている。

モノレバー方式では、図-2に示すように、レバーを前後 (x) に動かすと油圧ショベルのバケットが前後に動き、レバーを上下 (y) に動かすとバケットが上下に動くという直感的な操作が可能である。また、直線モードに切換え、その直線の角度を入力してやることで、自動的にバケットは法面との適切な角度を保ったまま法面にそった動きをする。したがってオペレータは、法面の角度を気にすることなく、レバーを手前に引けばバケットは手前側に斜面を下ってくる。このように、熟練度と関係なく高精度を要する操作が誰でもできるのである。

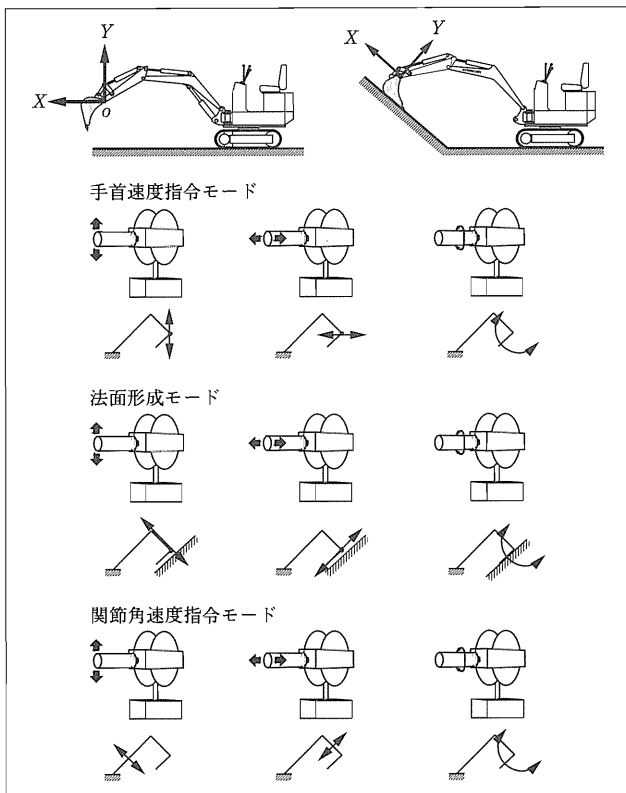


図-2 油圧ショベルとモノレバーの動きの関係

操作レバーに触れて機械が動くことを防ぐロック装置がショベルに装備されている<sup>5)</sup>ことからわかるように、作業領域を調べるためにエンジンをかけたまま操作者が席を離れることがよくある。このような使い方ができるように、モノレバーは静的な安定性を保つように設計されている。静的な安定性が保たれていることで、操作者が支えていなくてもレバーが自重で動い

てしまうことがなく、操作者はレバーを離して安全に席を離れることができる。また、レバーの重さを支える必要がないため、操作者の疲労を軽減することにもつながる。

なお、最近の油圧ショベルの中では、境界に沿った作業が容易にできるように、ブームの一部が横方向に動く自由度が追加されたものが見られる。

図-3に、このようなオフセット付きの油圧ショベルの操作にも対応できるモノレバー操作装置を示す。

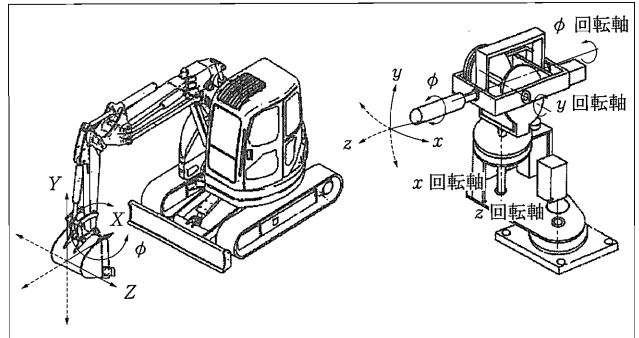


図-3 オフセット付き油圧ショベルの操作に適したモノレバー装置

(2) 油圧ショベルの改造

モノレバーシステムと油圧ショベルを結合するには、市販の油圧ショベルに改造を施す必要がある (図-4)。

まず、コンピュータ制御するために、機械式のオン・オフバルブではなく、電気信号で制御されるバルブが必要である。そのため機械制御式の油圧アクチュエータに電磁比例弁を追加する等の改造を行って、電気信号での制御を可能にする必要がある。

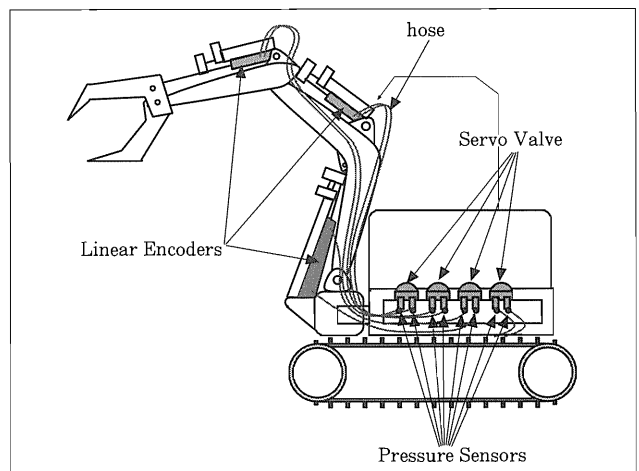


図-4 ショベルの改造部

また、ショベルの関節角を得るためにシリンダにリニアエンコーダを取付けるか、または関節にロータリエンコーダを取付けることや、ショベルの作業反力を計測するためにシリンダ両側に圧力センサを取付ける

ことも必要である。

### (3) バイラテラル制御システム

バイラテラル制御とは、操縦型ロボットシステムにおいて、操作者がロボットに指令を送ることに加え、作業反力などの情報を操作者にフィードバックすることができるような双方向の制御方式のことである。操作する際、マスタにスレーブの反力が伝わると、操作者は力感覚のある操作が可能になり、目視情報と併用することでより繊細な作業ができるようになる(図-5)。

モノレバーシステムでは、シリンダの圧力センサで計測した油圧ショベルの作業反力をマスタのモータで再現することで操作者にフィードバックしている(図-6)。

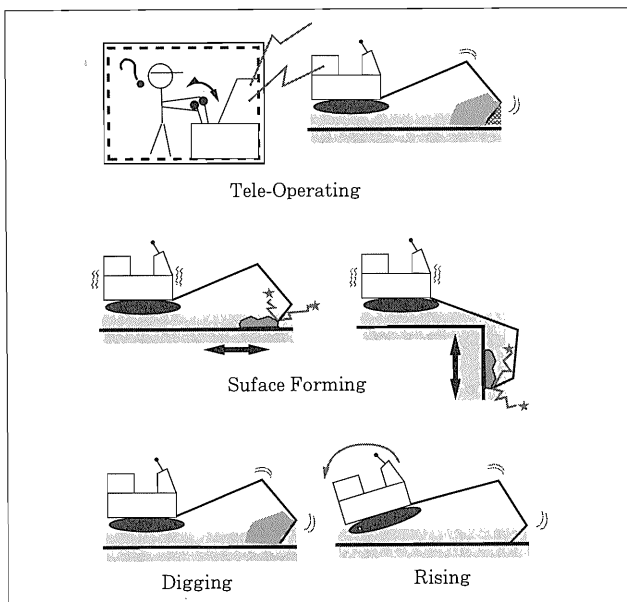


図-5 外力フィードバックのある操作

### 3. 遠隔操作のための支援システム

悪環境下や、人の入り込めない場所での無人化施工のために、無線技術が使用されている。倒壊の恐れのある建物で行う作業や、地雷除去などの危険な作業を安全に行うため遠隔操作は必要である。

無人施工時、遠隔地の操作者はカメラによる映像を頼りに機械の操縦を行う。このとき、固定されたままのカメラからの映像では、作業中見えにくい箇所があり、視点変更のためにカメラを動かせるような工夫がなされる。

従来、この視点変更のために、機械操縦の手を休めるか、カメラ操作専用の要員を配置するかしていた。

モノレバーの導入によって、両手が必要であったショベルの操縦から片手が開放され、右手で操作装置、左

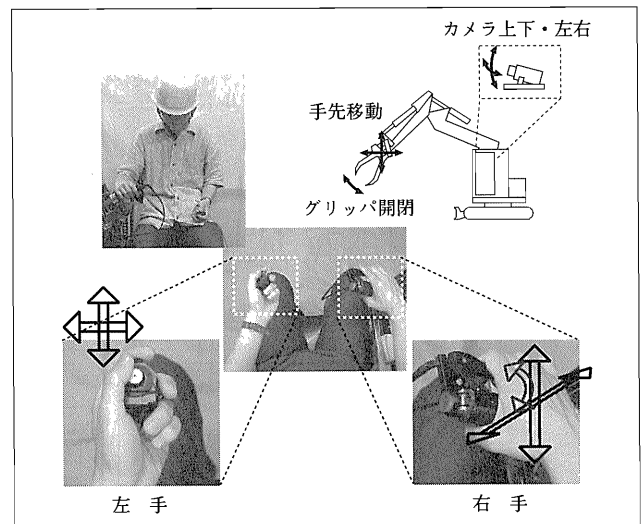


図-7 右手で操作装置、左手でカメラ

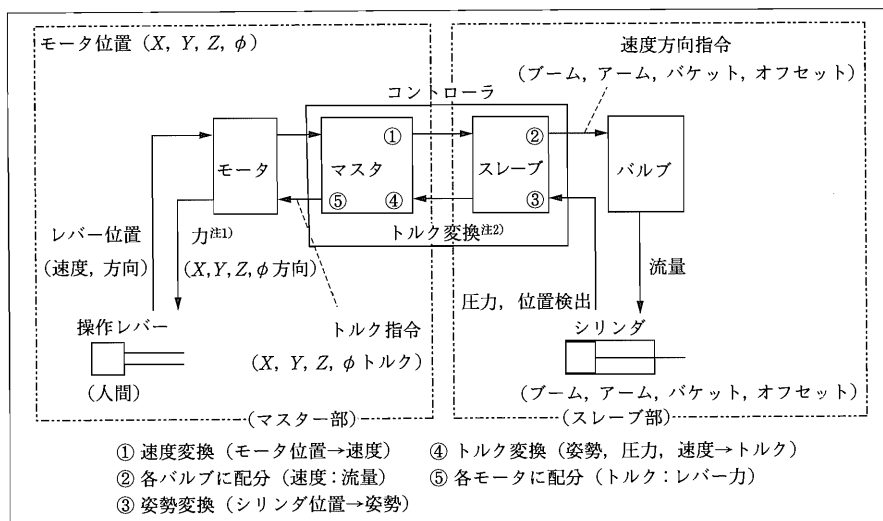


図-6 モノレバーシステムの信号フロー

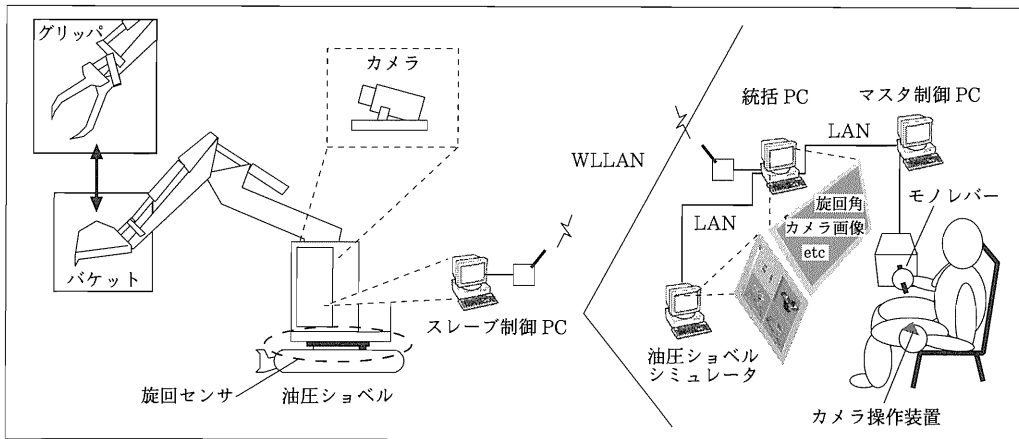


図-8 無線モノレバーシステムと周辺装置

手でカメラシステムの制御を同時に行う（図-7，図-8）ことができるため、作業の効率化を図ることができる。

このように遠隔操作に対するモノレバーシステムのメリットは大きい。このメリットを活かすべく、遠隔操作を目標とする開発を進めてきた。そこで遠隔操作に対応すべく、TCP/IP プロトコルによる、モジュール化された制御ソフトウェアを開発した<sup>6)</sup>。

(1) システムのモジュール化

ソフトウェアをマスタ、スレーブ、ブレインの三つのモジュールに分け、それぞれのモジュールは、

TCP/IP プロトコルに従って通信する構造とした（図-9）。

このモジュール化には二つの意味がある。一つは従来技術であるが、コンピュータを分散させることができるという意味である。各モジュールは別々のコンピュータ上で動作させることができるので、マスタ制御（モノレバー）を担うコンピュータとスレーブ制御（油圧ショベル）を担うコンピュータを分散させ、独立させることができる。

このように TCP/IP を用いたコンピュータネットワークとしてソフトウェアを構築することで、拡張が容易にできる。例えば有線と無線の切替えは、イーサ

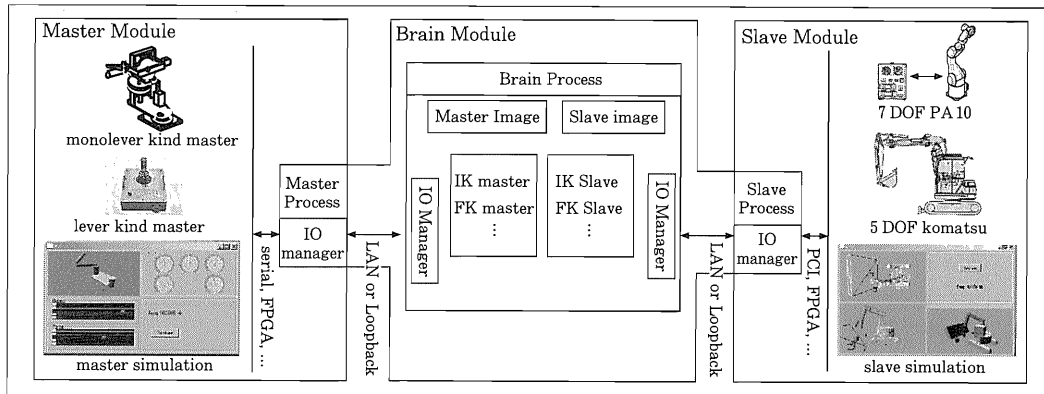


図-9 モジュール化されたシステム

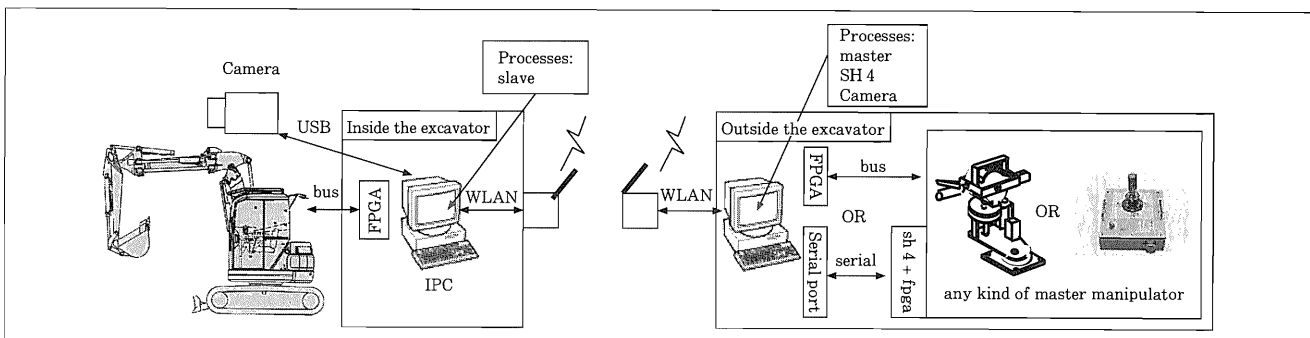


図-10 TCP/IP による遠隔操作

ネットケーブルの替わりに無線 LAN を用いるだけで可能になる (図-10)。

もう一つは、情報処理を独立に行うという意味のモジュール化であり、モノレバーシステムによく適合する。モノレバーシステムは、マスタとスレーブの構造が全く異なり、このようなシステムは異構造マスタ・スレーブシステム<sup>7)</sup>と呼ばれる。

異構造マスタ・スレーブにおいては、角度や力などの情報は一般化された共通の座標系に変換してからマスタとスレーブの間でやりとりがなされる。この共通の座標系で情報をやりとりする部分がブレンモジュールである。

マスタモジュールとスレーブモジュールの通信をブレンモジュールが仲介することにより、マスタモジュールおよびスレーブモジュールは、相手であるスレーブ及びマスタの構造を気にする必要がない。したがってモジュール化されたモノレバーシステムでは、ブレンモジュールの一部を変更するだけで、容易に様々な構造のマスタとスレーブを接続することができるようになっている。例えばスレーブとして三菱重工業製の汎用アーム PA 10 を接続することが可能である。

本研究ではモジュールの一つとして、シミュレータも開発した。開発したシミュレータは、グラフィック表示可能なリアルタイム 3D シミュレータであり、シミュレータ内の仮想的作業現場環境との接触力を計算し、実際のショベルと同様な力フィードバックを行うことができる。

このシミュレータもモジュールとして構築されているので、他のモジュールと同様、接続や切り換えが容易にできる。シミュレータを油圧ショベルの代わりに用いることで、作業の事前練習、非熟練者の教育・訓練(速度指令型の操作には若干の慣れが必要)などがオフラインで容易に行える。また、ソフトウェア開発も効率的に行うことができる。

さらにこのシミュレータをディスプレイ装置として、油圧ショベルを使っての作業時に併用することで、オペレータは油圧ショベルの動きをあらゆる角度から眺め、確認することができる。そのため、安全性、作業効率などが著しく向上するとともに、オペレータの疲労を軽減することができる。

## (2) 旋回角度センサ

遠隔操作において、車両の移動を伴う場合、旋回体の向きを知ることは重要なことである。

従来、上部に旋回機構を有する油圧ショベルの旋回角度の計測には、旋回軸受の端部にロータリエンコー

ダを装着する方法が一般的であった。しかし、この方法には装着する際に上下機構を分離し、分解するという大掛かりな作業が伴っていた。そのため、現在市場にあるショベルに旋回角度センサを装備することは大変困難であった。そこで、機体を分解せずに取り付けることができる旋回角度センサを開発した(図-11)。

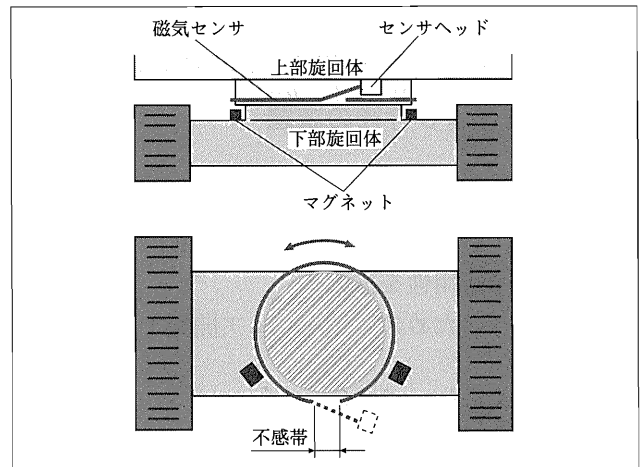


図-11 旋回角度センサ

リア変位センサを円形利用し、不感帯の生じる重ね合わせ部についてはソフト処理を行うことで、新しい概念の高精度な旋回角度センサが実現した。

このセンサは、油圧ショベルの上下部構造間(スィベルジョイントおよび旋回軸受ケース外側)に装着される。油圧ショベルの上下部機構を分離せずに後付け可能なセンシングシステムであるため、市販のショベルに容易に旋回角度センサを取付けることが可能となり、取付け工費の削減と納期の短縮が実現される。

リア変位センサは、センサヘッドからマグネットまでの距離を計測することができる。このセンサを上部旋回体に巻付け、マグネットを下部走行体に配置することで、上部旋回体と下部走行体との相対的な角度を検出することができる。センサの端部で不感帯の領域が生ずるが、この問題にはマグネットを2個配置し、計測値により使い分けることで対処できる。

建設業界で建設機械の無人化、自動化が検討されているなかで、このセンサは建設機械市場拡大の一役を担うものと期待される。

## 4. 把持機構の開発

モノレバーシステムの応用として、バケットの代わりにグリッパを取付けた油圧ショベルが考えられる。

この作業機は、建設リサイクル法で義務づけられた分別解体などに使用されるが、グリッパの把持力を制

御できれば、再利用可能なものの非破壊ハンドリングが実現する可能性がある。また、解体後の回収作業においても、対象物を視覚によって識別するのみならず、剛性を力覚によって検知して識別することが可能であれば、分類が容易になる。

詳細は省略するが、本研究ではグリッパを使用しての把持や破碎などの作業に合わせた操縦桿およびグリッパの開発を行った。

## 5. 結言および今後の課題

中野らが提案したモノレバーシステムを踏まえ、

- ・操作部、制御部、作業部の独立化を図ることでシステムの汎用性を拡大
- ・遠隔操作のためのソフトウェア開発とセンサ開発の提案

について述べた。

今後の課題は、

- ・グリッパの搭載も可能にしたシステムで多くの作業に適した操作しやすいインテリジェント油圧ショベルを形成すること
- ・非破壊ハンドリングの観点から定量的に評価すること

である。油圧ショベルに搭載し、フィールドテストを行うことにより、効果を検証したい。また、提案したイーザーオペレーションのための基本システムは、他のさまざまな分野へ応用が可能である。新たな分野への応用と、それに伴う基本システムの改良も今後の課題である。

JCM A

### 《参考文献》

- 1) E. Nakano, N. Tsuda, K. Inoue, K. Kayaba, H. Kimura and T. Matsukawa: Development of an Advanced Way of Improvement of the Maneuverability of a Backhoe Machine, *9th ISARC*, pp.215-222, June 3-5, 1992, Tokyo, Japan
- 2) 宮田圭介: オペレータの感性を意識した建設機械の操作性設計 (特集感性に基づく機械工学), *日本機械学会誌*, 102-965, pp. 233-234, 1999
- 3) 江川, 生田, 小関: 油圧ショベルのワンレバー式操縦システムの開発, 628,
- 4) 加藤, 山田, 武藤: 遠隔操作建設ロボットシステムのマスク・スレーブ制御 (第2報: 重力補償による多関節アームへの拡張), *日本フルードパワーシステム学会論文集*, 34-4, pp. 85-91, 2003
- 5) 田中利昌: 油圧ショベル (人と自然に優しい建設機械<特集>—最近の土工機械およびクレーンに見る操作性, 居住性, 安全性などの向上), *建設の機械化*, No.517, pp.18-20, 1993
- 6) E. Rohmer, T. Takahashi and E. Nakano: Modular platform for a bilateral master/slave manipulator for hydraulic machines, *ECECONF 2003*, November 2003, Cebu, Philippines
- 7) E. Nakano and T. Arai: Bilateral master-slave manipulator with different configurations, *Japanese patent (pending)*, No.S 59-63984, 1984

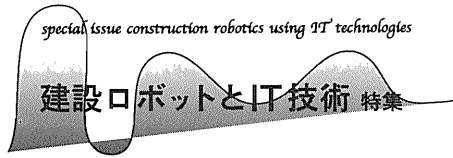
### 【筆者紹介】



中野 栄二 (なかの えいじ)  
東北大学大学院  
情報科学研究科  
教授



久武 経夫 (ひさたけ つねお)  
システムテクニカル株式会社  
社長



## ホイールローダの自動化

大 隅 久

本報文では、ホイールローダによる土砂の自動すくい取り制御方法の確立を目指した取組みを紹介する。ホイールローダで土砂の自動すくい取りを行うには、ホイールローダの持つ制御性能だけでなく、土砂の力学的なモデルが必要となる。この二つを考慮することで、ホイールローダの能力を最大限に活かしたすくい取り方法を確立することができる。

本報文では、土砂モデルとして、すくい取り時にホイールローダのバケット先端部にかかる土砂からの反力をモデル化し、できるだけ短時間に効率良く土砂をすくい取るための制御アルゴリズムを提案する。更に、土砂の基礎実験により、提案した土砂モデルの妥当性を検証する。

キーワード：ホイールローダ，土砂すくい取り，バケット，軌道生成，自律制御，操作力，土圧

### 1. はじめに

ホイールローダは土砂のダンプへの積込み機器として高い機動性を有し、土木現場や採石場、災害復旧現場などで広く用いられている。このホイールローダを自動化することができれば、コストの削減、災害危険区域の復旧作業における二次災害の防止や早期復旧に寄与することができる。すでに無人化施工<sup>1)</sup>として、雲仙普賢岳の災害現場の復旧作業や砂防ダム工事などで、バックホウやダンプトラックの遠隔操縦が行われている。

また、鉱山での碎石の積込み、運搬を自動化したものなどがある。ただし、土砂のすくい取りから積込みについてのプロセスにはオペレータが介在しており、完全な自動化には至っていない。

ホイールローダの自動運転、ダンプトラックの無人走行により、土砂の掘削から積込みまでの一連の作業の自動化を実システムで実現したものとして大島ら<sup>2)</sup>のシステムがある。このシステムでは土砂モデルを生成せず、経験的にすくい取りのための動作を生成しているため、すくい取り効率については今後の課題とされている。

筆者らもホイールローダを利用した土砂すくい取りの自律システムの開発研究に取り組んでいる<sup>3)</sup>。「山祇プロジェクト」と名づけられたプロジェクトにおいて、参画した各研究機関、大学がそれぞれ土砂形状認識、

ホイールローダのナビゲーション、土砂のすくい取り、システム化を担当し、研究開発が行われている。中でも土砂のすくい取りは、対象物となる土砂の特性が複雑であるため、土砂形状認識やナビゲーションと比べて難しく、自動化の妨げとなっている。

土砂のすくい取りを効率良く自動で行うには、ホイールローダの持つ性能と土砂の性質の関係を知らることが不可欠と考えられる。皿田<sup>4)</sup>、張ら<sup>5)</sup>はバケット軌道を斜面に平行に設定し、これに沿ってバケットを制御することで土砂をすくい取る手法を提案している。しかし、この軌道がどのような意味を持つのかは明確でない。

土砂のモデルに関しては、これまでに Hemami<sup>6)</sup>、高橋ら<sup>7)</sup>の提案モデルがある。Hemami は、ローダがバケットを土砂の山に挿入した時に、土砂が発生する反力を五つの成分に分解し、それぞれの成分を近似的に算出している。張らはこのモデルを基にしたより詳細な解を算出している。ただし、いずれも完全なものではない。一方、高橋らは、土砂の粒子一つずつを球形に近似し、これらの挙動をマクロ的に表現することで反力を求めている。このモデルは実際の計測結果とかなり近いが、ローダを制御するためのモデルとしては複雑で利用しづらい。

そこで本報文では、Hemami の分類と同様、土質力学を基にバケットが土砂から受ける反力を五つの成分に分解する。そして、この土砂モデルを利用してホイールローダによる自動すくい取り制御法を提案する。



これには、実機の約10分の1のスケールモデルであるミニチュアホイールローダ<sup>やまづみ</sup>山祇3号(図-1)を利用する。

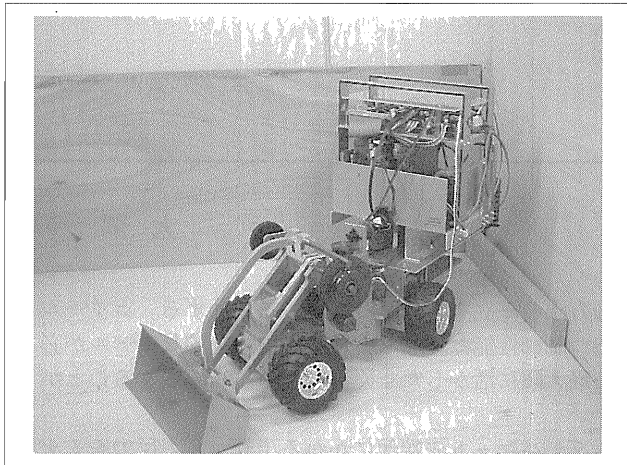


図-1 ミニチュアホイールローダ(山祇3号)

まず、すくい取りの際にかかる反力を基に、土砂の最大反力包絡線モデルを提案する。次に、この提案モデルを利用して、できるだけ短時間に多量の土砂をバケットですくい取るための制御方法を提案する。

## 2. 土砂に作用する反力の成分

### (1) 土砂からの反力成分<sup>8)</sup>

図-2は土砂をすくい取る際、バケットにかかる土砂からの反力を五つの成分に分類したものである。

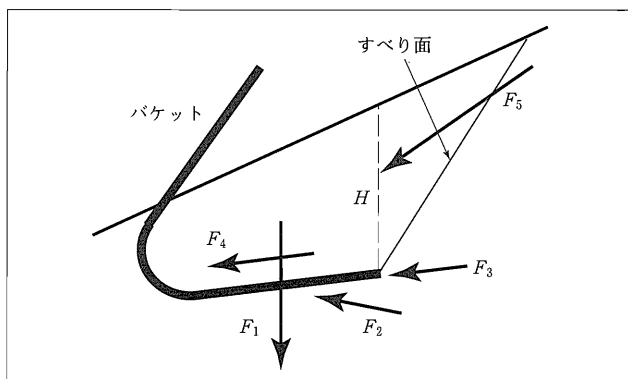


図-2 バケットにかかる反力の種類

$F_1$ はバケット内の堆積物重量、 $F_2$ はバケット底面がバケットより下側の土砂から受ける反力、 $F_3$ はバケット前縁の切刃が土砂を切開きながら前進するための貫入抵抗力、 $F_4$ はバケットと土砂の間に働く摩擦力、 $F_5$ はバケット上方にある堆積物から受ける力となる。なお、 $H$ はバケット先端とその真上の斜面上の点との距離である。

$F_1$ は、もしバケット先端が水平に挿入されたとすれば、 $H$ の2次関数となる。 $F_2$ は、バケット先端部が水平方向に挿入されている間は、バケット上部から底板にかかる垂直抗力と釣合った値となる。そして、バケットが土砂をすくい取るために上方に動き出した後には、バケット底面が土砂から離れるためゼロとなる。つまり、 $F_2$ はバケット運動を決定するための要因としては考える必要がない。 $F_3$ は、深さ $H$ の土中の圧力に比例すると考えることができれば $H$ の1次式となる。 $F_4$ は、バケット底板にかかる垂直抗力に比例する。この垂直抗力は $H$ の2次式となることから、 $F_4$ も $H$ の2次式となる。 $F_5$ は斜面上方の土砂から受ける反力で、通常一意的に定めることができない。ただし、ある二つの条件の下では算出することができ、それぞれ主働土圧、受働土圧と呼ばれる。

主働土圧とは、斜面をある面(これを擁壁という)で支えるとき、斜面が崩れ落ちないために面に必要な最小の圧力のことである。一方、受働土圧とは、擁壁で斜面の土砂を斜面上方に押上げるために擁壁に必要な最小の圧力のことである。土砂をバケットですくい取るには、バケットを斜面上方に押上げる必要があるため、本モデルでは $F_5$ として受働土圧を考える。

主働土圧、受働土圧共に、その大きさは擁壁の高さの2次関数として表すことができる。ただし、受働土圧の2次の係数は主働土圧の係数と比較して遥かに大きな値をとる。

### (2) すくい取りのフェーズと反力モデル

さて、以上に五つの成分のそれぞれを定式化したがる、この五つがいつも反力としてバケットにかかるわけではない。

図-3はバケットが土砂に挿入されてからすくい取りを行うまでの通常の動作手順を示したものである。手順は三つのフェーズに分けることができる。

(a)はバケットを水平に土砂に挿入するフェーズ、(b)はバケットにチャルトを掛け、できるだけ土砂をすくい取るフェーズ、

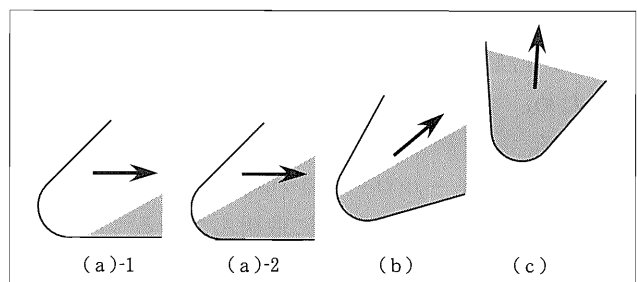


図-3 すくい取りにおける三つのフェーズ

(c) はバケツに入った土砂を持上げ、土砂から抜取るフェーズ、  
 である。

これら三つのフェーズでは、それぞれ考慮しなくてはならない反力成分が異なってくる。

(a)-1では、土砂重量  $F_1$  や  $F_5$  の垂直成分がバケツ底面からの反力  $F_2$  と釣合うため、バケツを挿入する際には計測されず、貫入抵抗力  $F_3$  と摩擦力  $F_4$  のみが反力となる。

バケツの根元部分に土砂が届いた後の (a)-2 では、バケツを前進させるには土砂を挿入方向に押し上げる必要がある。このため、 $F_5$  は受動土圧となり、更に反力としてバケツに直接掛かってくる。 $F_5$  は他の成分と比べて非常に大きいため、土砂がバケツの根元に達すると間もなくバケツは前進ができなくなる。

この状態でバケツを後方に傾けると（チルトをかける）、擁壁が斜面下方向に倒されるので、受動土圧が解消され、土砂がバケツ内に崩れ込んでくる。よって反力が一時的に小さくなり、再び前進が可能となる。できるだけたくさんの土砂をすくい取ることを目指すので、再度バケツを前進させ、再び受動土圧が大きくなるとチルトをかける。これを繰り返すことで、バケツは斜め上方に移動する。このときに生成されるバケツ軌道は、動作可能な範囲で最も水平移動の多い軌道となるので、最短で最大の土砂をすくい取ることのできる軌道とみなすことができる。

### 3. 土砂モデル検証実験

2章2節で示したフェーズにおいて考察した反力が正しいかどうかを検証するため、基礎実験を行った。検証実験の装置の概要図を図-4に示す。

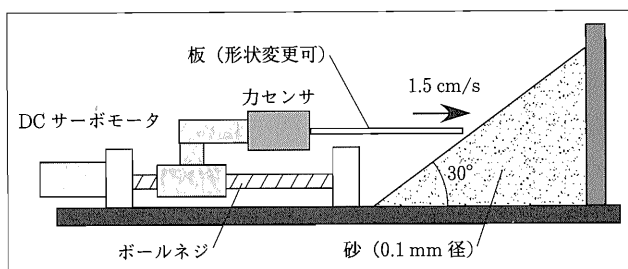


図-4 挿入実験装置

バケツ先端を模擬した板を 1.5 cm/s で砂の斜面に水平に挿入し、その反力を力センサで測定した。土砂には粒子径平均が 0.1 mm の砂を用いた。斜面は約 30 度である。

### (1) 受動土圧の特性の検証

まず、受動土圧が挿入距離の 2 乗で増加するかどうかを検証するため、バケツ先端にあたる板を T 字板として、実験を行った。この実験では、反力として受動土圧  $F_5$  のみが検出されるはずである。結果を図-5に示す。

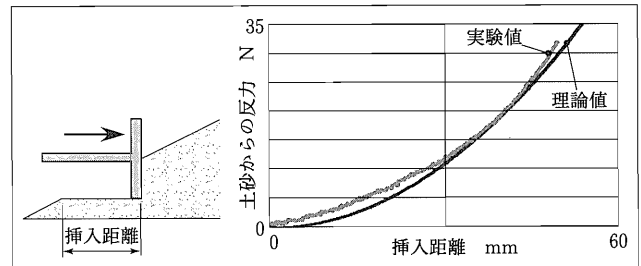


図-5 T字板による反力の測定

実験結果を見ると、実験値は理論値である 2 次曲線ときわめてよく似ており、 $F_5$  が挿入距離の 2 乗に比例することが確認できる。

### (2) 貫入抵抗と摩擦力の検証

次に、平板を図-5と同じ土砂に挿入し、反力を計測した。この実験では、 $F_3$  と  $F_4$  に当る貫入抵抗と摩擦力が計測される。この結果を図-6に示す。

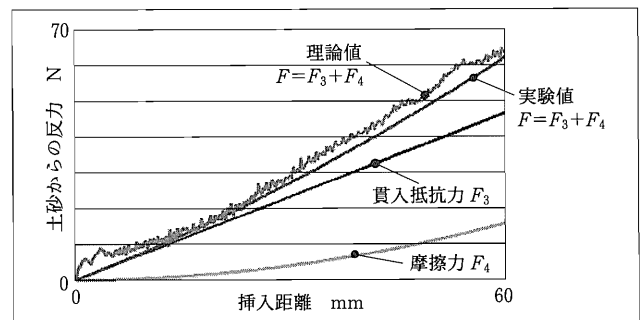


図-6 平板挿入実験（板厚 3 mm）

実験結果を見ると、実験値  $F$  は 1 次と 2 次の曲線の和 ( $=F_3+F_4$ ) として表され、理論値とほぼ一致している。次に 1 次の項として計測された成分が確かに

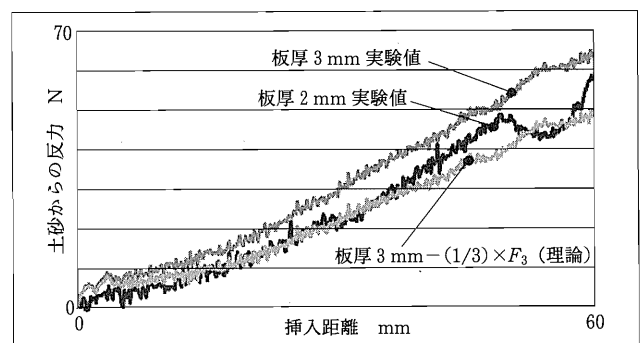


図-7 厚さ 3 mm と 2 mm の平板挿入実験結果の比較

貫入抵抗であるか否かを確認するため、板圧を変えて挿入実験を行った(図-7)。

グラフの水色(図中最下部)は、板圧3mmの実験結果の1次の項のみ値を2/3にしたもので、深緑(図中、真中)は板圧2mmでの実験結果である。両者はほぼ一致しており、1次の項が貫入抵抗を、2次の項が摩擦を表す項であることが確認された。

### (3) バケットの進行と反力の支配成分の検証

最後に、バケットに土砂が挿入されていき、土砂がバケット根元まで届いたときに、受動土圧である $F_s$ が掛かり始めるか否かを確認した。実験の様子を図-8に示す。バケットにはL字の板を用いた。

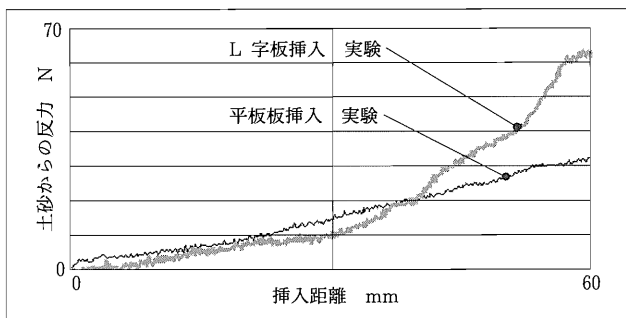


図-8 L字板挿入実験

挿入が始まった後、初めは平板挿入と同じ反力を示すが、土砂がL字の根元に到達し、L字の垂直部分にぶつかってしばらくすると、反力が急激に大きくなっていくことがわかる。土砂が根元に到達した後にL字板を押込もうとすると、斜面を崩していかないと進むことができない。斜面を上方に押し上げるには、受動土圧が必要となることから、この点を境に受動土圧がかり出し、反力が急激に大きくなったものと考えられる。

実際のホイールローダのバケットは根元部分が円弧を描いているが、円弧を描いたバケットを用いた基礎実験においても、同様にある点を境に反力が急激に大きくなるのが観察されている。

## 4. すくい取り軌道の生成アルゴリズム

### (1) すくい取り軌道設計の方針

本研究では、1回のすくい取りで、できるだけ多量の土砂をすくい取ることを目的とする。それを満たすためには、バケットを進行方向にできるだけ進め、バケットが満杯になった所で持上げればよい。ところが、バケットが満杯になった状態では反力が大きくなりすぎバケットを持上げることが不可能となったり、バケッ

トを満杯にする以前に反力の大きさがバケットの最大出力を超えてしまう事態が考えられる。このような状況に対処するために、バケットが発生することのできる最大の操作力と土砂からの反力の関係を調べ、バケットを動かす方向をリアルタイムに決定していく方法を提案する。

### (2) バケットの操作力

ホイールローダのバケット-アーム機構は油圧シリンダ駆動のアーム部と油圧シリンダ駆動のバケットリンク部から構成されている。これらはリンクとフリージョイントにより閉リンクを構成している。実験機のバケット駆動部も平行リンク機構となっており、根元には駆動2関節が設置されている。ただし、アクチュエータにはDCサーボモータを利用している。

図-9は、バケットの2次元平面における運動学モデルである。車輪移動部は直動アクチュエータとしてモデル化している。 $r$ は車輪半径である。このモデルにおいて、 $\theta_1$ を回転させるとバケットは並進移動のみを行い、 $\theta_2$ を回転させるとバケット根元の第4関節を中心とした回転(チルト)のみが発生する。

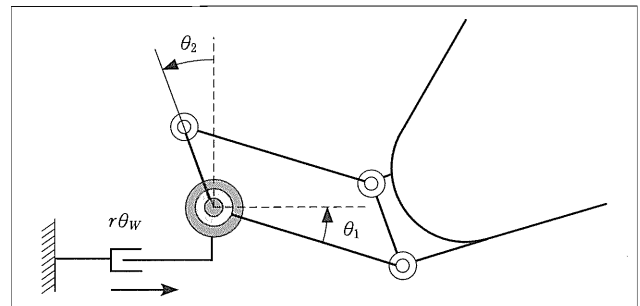


図-9 実験機のバケット-アーム駆動モデル

次に、土砂からの反力とバケットが発生できる力を、バケット進行方向であるバケット先端座標系の第1象限内において求め、その大小関係を比較することにより、バケット進行方向を決定する。まずはモータの最大発生トルクによって、バケット先端部で発生できる力の範囲を求める。これを図示したものが図-10である。図の矢印の長さが、その方向に発生することの

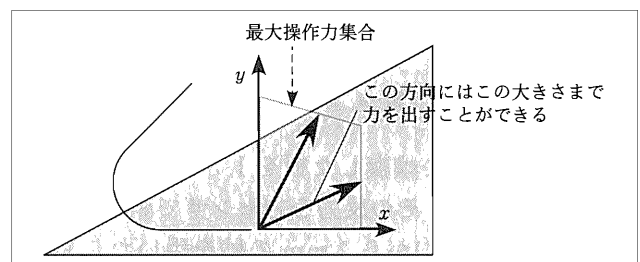


図-10 操作力集合

できる最大の力の大きさを表している。なお、今回のバケット構造においては、発生可能力の範囲はバケット先端での発生トルクに依存せずに定まる。

### (3) 最大反力包絡線

次に、バケットをある方向に動かそうとするときに、それに応じて土砂からバケット先端部にかかる反力を求める。

バケットをある方向に動かそうとする場合、バケットの動作に回転を考慮するかどうかで、進行方向が同じでも反力の大きさが異なる。ただし、本研究では、バケットをできるだけ水平方向に動かそうとし、反力がバケット発生力を上回った場合にバケットを傾ける、という方法を採用する。よって、バケットを水平方向に動かすことを前提に反力を考える。

図-2で示した反力成分を基に、バケットが進行しようとした時にバケット先端に発生する土砂からの反力を図-10と同様の方法で示したものが図-11である。

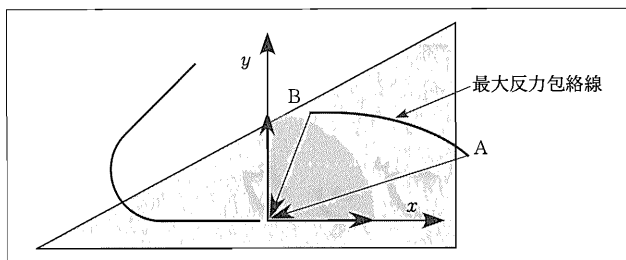


図-11 最大反力包絡線

この曲線は、バケットを $x$ 軸に対して $0\sim 90^\circ$ 方向に動かそうとした時に土砂からバケットにかかる反力の集合であり、本報文では最大反力包絡線と呼ぶ。

バケットを水平に動かそうとすると、反力は図中のA点方向からかかってくる。また真上に動かそうとするとB点方向からかかる。このようにほとんどの方向において、反力はバケット進行方向とは異なる方向から加わって来ることがわかる。これは

- バケット内土砂を持上げなくてはならないこと、
  - 進行方向上部土砂からの反力 $F_0$ に打勝ちながらバケットを動かさなくてはならないこと、
- などに起因する。

### (4) すくい取りアルゴリズム

最大包絡線と操作力集合の関係を利用し、すくい取りアルゴリズムを提案する。

図-12において、バケットを $x$ 軸方向に動かそうとしたとき、バケットは土砂からA点に対応した反

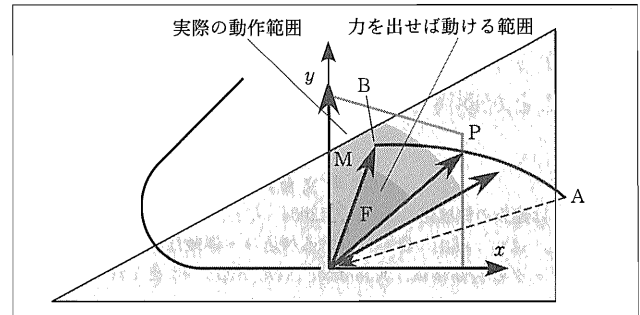


図-12 バケットの発生力と進行方向の関係

力を受ける。この反力は、ホイールローダの操作力より大きいため、実際にはこの方向にバケットを動かすことができない。バケットを実際に動かせるのは、土砂からの反力よりホイールローダの操作力が大きい方向である。つまり、バケット先端部を移動できる点は、点Pよりも上方に向けて力を掛けた場合であり、範囲 $F$ となる。ただし $F$ は、バケット先端部が動く範囲ではない。これは、モータによりバケット先端部に変位を発生させた際に、先端で発生する変位の方向と、その変位に対応して発生する反力の方向が異なるからである。よって、範囲 $F$ の方向に力をかけると、実際にバケットが動く範囲はそれとは異なる範囲 $M$ となる。

今回のすくい取りでは、1回毎のすくい取り量をできるだけ大きくすることを目標とする。よって、バケットはより多くの土砂をすくうことのできる方向、つまり可能な限り $x$ 軸正方向に移動させることとする。つまり、図-12の点Pの方向に力を掛ければよい。これにより実現される動作を連続的に行うことで、最適なすくい取りが実現できるものと思われる。

## 5. 結論及び今後の課題

本報文では、まずホイールローダのバケットを土砂に挿入した時のバケットにかかる反力から、土砂モデルを提案し、土砂の反力成分の数式化を行った。また、考案した反力が正しいかどうかを示すため、数種類のバケット先端を模擬した板を先端に取付け、それぞれ平行挿入実験を行い、導出した式の妥当性の検証を行った。

土砂から受ける反力の大きさとバケットで発生することができる力の大きさを比較し、できるだけ多くの土砂をすくい取ることのできる軌道を生成するためのすくい取りアルゴリズムを提案した。

今後、図-1で示したミニチュアホイールローダを用いたすくい取り実験を行い、提案したアルゴリズム

で得られる最適軌道についての考察を行う。これにより、バケット目標すくい軌道の簡単な生成が可能となることが期待される。

JCMMA

#### 《参考文献》

- 1) 例えば建設の機械化, No.647, 2004, など.
- 2) 大島, ほか: 鉱山・砕石における積込み・運搬作業の自動化/ホイールローダの自動積載, *Komatsu Tech. Rep.*, 43 巻1号, pp. 27-39, 1997.
- 3) 皿田滋, ほか: ホイールローダによる土砂搬送作業の自律化の試み, 第10回建設ロボットシンポジウム論文集, pp.173-178, 2004.
- 4) 皿田滋: ホイールローダによる鉱石堆積物のすくい取り作業計画に関する研究; 資源環境技術総合研究所報告書, No.21, 1997.
- 5) 張, ほか: バケットマニピュレーションの軌道生成と制御—ホイールローダの知能化に関する研究(第2報)—, *資源と素材*, Vol.117, pp.947-954, 2001.

- 6) A. Hemami: Force analysis in the scooping/loading operation of an LHD Loader, *Proc. Mine Mechanization and Automation*, Almgren, Kumar & Vaganas (eds.), pp. 415-424, 1993.
- 7) H. Takahashi *et al.*: Analysis on the Resistive Forces Acting on the Bucket of a Load-Haul-Dump Machine and a Wheel Loader in the Scooping Task, *Advanced Robotics*, Vol.13, No.2, pp. 97-114, 1999.
- 8) 河上房義: 土質力学, 森北出版, 1956.

#### 【筆者紹介】

大隅 久 (おおすみ ひさし)  
中央大学工学部  
精密機械工学科  
教授  
工博



## 建設工事に伴う 騒音振動対策ハンドブック

「特定建設作業に伴って発生する騒音の規制に関する基準」(環境庁告示)が平成8年度に改正され,平成11年6月からは環境影響評価法が施工されている。環境騒音については,その評価手法に等価騒音レベルが採用されることになった等,騒音振動に関する法制度・基準が大幅に変更されている。さらに,建設機械の低騒音化・低振動化技術の進展も著しく,建設工事に伴う騒音振動等に関する周辺環境が大きく変わってきている。建設工事における環境の保全と,円滑な工事の施工が図られることを念頭に各界の専門家委員の方々により編纂し出版した。本書は環境問題に携わる建設技術者にとっては必携の書です。

#### ■掲載内容:

- 総論 (建設工事と公害, 現行法令, 調査・予測と対策の基本, 現地調査)
- 各論 (土木, コンクリート工, シールド・推進工, 運搬工, 塗装工, 地盤処理工, 岩石掘削工, 鋼構造物工, 仮設工, 基礎工, 構造物とりこわし工, 定置機械(空気圧縮機, 動発電機), 土留工, トンネル工)
- 付録 低騒音型・低振動型建設機械の指定に関する規程, 建設機械の騒音及び振動の測定値の測定方法, 建設機械の騒音及び振動の測定値の測定方法の解説, 環境騒音の表示・測定方法(JIS Z 8731), 振動レベル測定方法(JIS Z 8735)

■体 裁: B5判, 340頁, 表紙上製

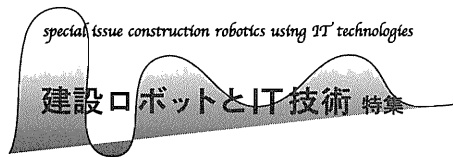
■定 価: 会 員 5,880円(本体5,600円) 送料 600円

非会員 6,300円(本体6,000円) 送料 600円

・「会員」本協会の本部, 支部全員及び官公庁, 学校等公的機関

## 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



## 無人ラフテレーンクレーンの開発

樋口昌幸・笠原邦昭・加藤 学

砂防工事現場や災害復旧現場における作業の安全を確保するため、バックホウなど各種建設機械の無人化施工技術が開発されてきた。

しかし、現在の無人化施工技術では、資機材を吊上げ遠方に移動する技術がなく、安全な施工をするには多大な仮設費用が掛かるなどの課題があった。

そこで資機材を遠方に移動するのに最適で、機動性に優れた無人ラフテレーンクレーンの開発を行ったので報告する。  
キーワード：無人化施工、遠隔操縦、クレーン、砂防工事、災害復旧

### 1. はじめに

北陸地方は急峻な地形であり、冬期の降雪など厳しい気象条件や急流河川が多い河川特性から、洪水や土砂崩落、土石流などの災害が発生する危険性が高い地域である。

これまで国土交通省北陸技術事務所では、特に災害発生の高危険性砂防工事現場や災害復旧現場における作業の安全を確保するため、バックホウ等各種建設機械の無人化施工技術の開発を行ってきた。

しかし、現在の無人化施工技術では資機材を吊上げ遠方に移動する技術がなく、施工性の低下を招いていた。そこで資機材を遠方に移動するのに最適で機動性に優れた無人ラフテレーンクレーンの開発を行ったものである。

本報文は、無人ラフテレーンクレーン開発の概要と性能試験結果について報告する。

### 2. 開発の背景

金沢河川国道事務所白峰砂防出張所管内の柳谷上流は、古くから地すべり対策事業により多数の砂防堰堤が作られているが、度重なる地すべりと溪岸浸食により不安定な状態にあり、落石や土砂崩落が絶えることのない状況である(写真-1)。

また、河床勾配が1/2~1/3と大変急であることから、降雨による土石流が発生する危険性が高い。これらのことから、土砂流出による土砂災害防止のため、

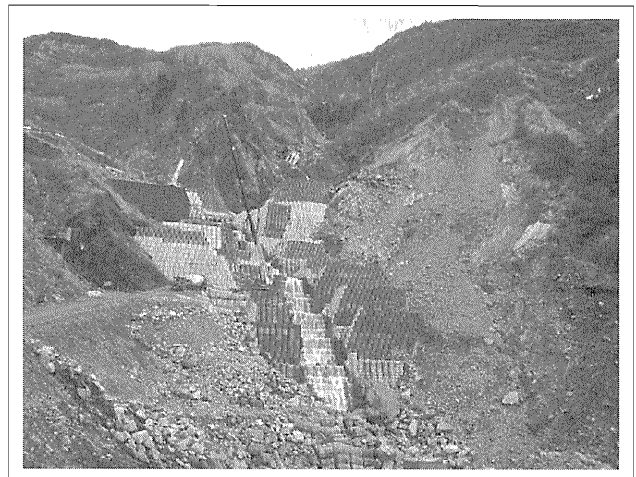


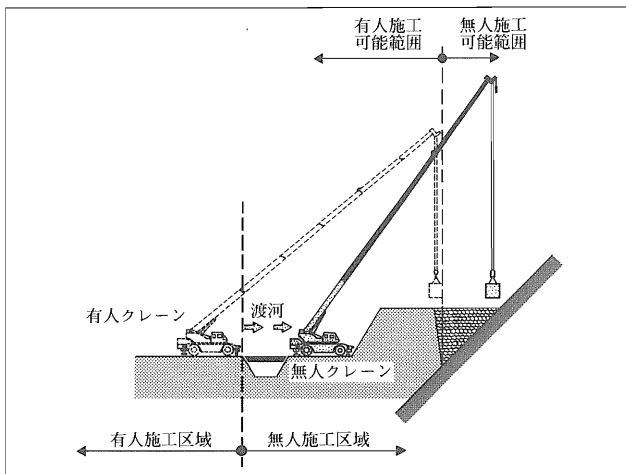
写真-1 柳谷工事現場

砂防堰堤などの砂防施設を整備する必要がある。

しかし、作業員が立入り施工することは大変危険であり、加えて安全対策を講じることが困難である施工現場である。

作業員の安全を確保するため、施工現場を「有人施工区域」と「無人施工区域」に分け、工事を行っている(図-1)。

従来の無人施工区域での施工は、有人施工区域に設置した移動式クレーンにより、コンクリート打設からレイタンス処理まで一連の工程を、各種アタッチメントを使用し無人化施工を行っていた。しかし、有人施工区域からの施工では作業可能範囲に限界があり、さらに大型のクレーンを導入することは、現場が狭隘なためできないことから、クレーンを無人施工区域に設置する必要がある。



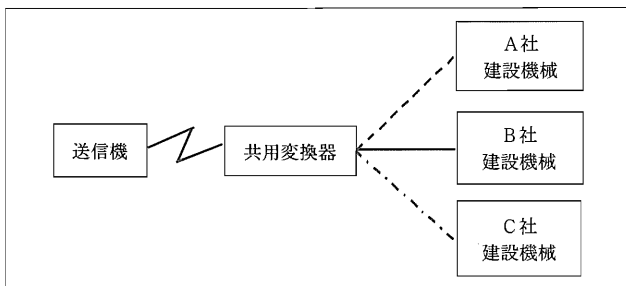
図一 無人ラフテレーンクレーンの効果

しかし、無人施工区域には作業員の立入りを禁止しているため、クレーンのみを無人施工区域に設置し、遠隔操作を可能とする「無人クレーン」が必要になった。

### 3. システムの概要

#### (1) 無線操縦システム

北陸技術事務所では、各種建設機械（バックホウ等）の無人化施工技術の開発を「共用変換器方式」で行ってきた。これは、複数社の各種建設機械を同一の送信機で操作が可能なシステムである（図一2）。



図一2 共用変換器の概要図

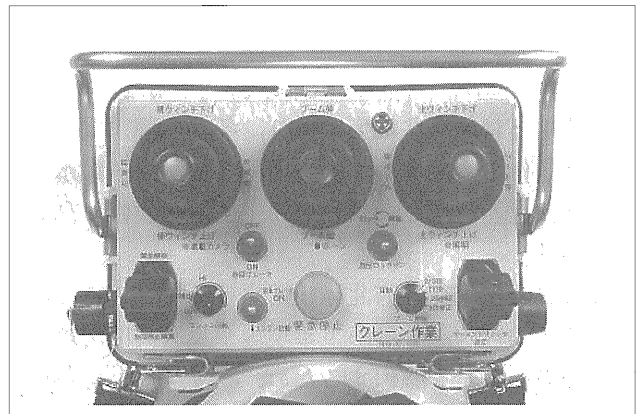
一般に普及している遠隔操縦用建設機械の送信機は通常、各建設機械の製作メーカー毎に、操作レバーの位置・操作方向などが異なり、安全に効率良く作業を行うには送信機の「慣れ」が重要なことから、「専用のオペレータ」が必要という問題点があった。

北陸技術事務所が開発し、現在運用している共用変換器方式の無線操縦システムは、複数社の規格の異なるバックホウ、ブルドーザ、クローラダンプを同一の送信機で操作できることから、災害時に複数社の機械を調達しても、製作メーカー別のオペレータ調達が不要である。今回開発した無人ラフテレーンクレーンも、この共用変換器方式の無線操縦システムを採用する事とした。

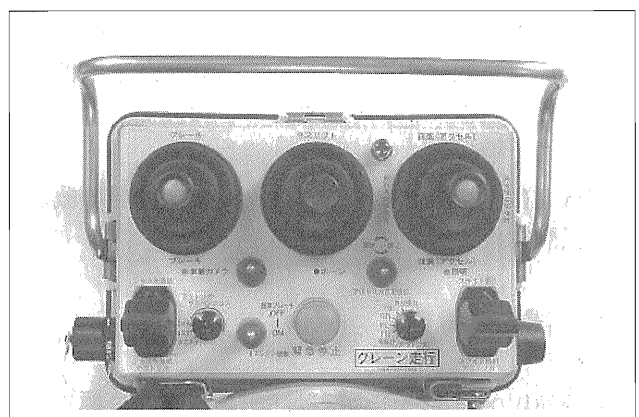
#### (2) 車体の改造

本機は既存の50t吊りラフテレーンクレーンを使用し、これに遠隔操作機能を改造により追加した。車体の受信機（共用変換器とセット）で受けた操作信号は、車体に追加されたコントローラにて車体制御信号に変換され、同じく追加された電磁比例制御弁等の制御機器を通じて、車体の各油圧システム、走行システム等が作動する。このシステムでは、遠隔操作と有人操作をスイッチの切替えにより簡単に選択できる。

クレーンの操作項目はバックホウ等に比べ多く、現在の無線操縦システムに使用している送信機1台で、全項目の操作をすることは困難であったので「走行」、「作業」の機能に分けて、2台の送信機にて、ラフテレーンクレーンの必要項目の操作を可能とした。なお、安全のため、2台の送信機にはそれぞれにIDコードを設定することにより、混信しない構造とした（写真一1、写真一2）。



写真一2 作業用送信機

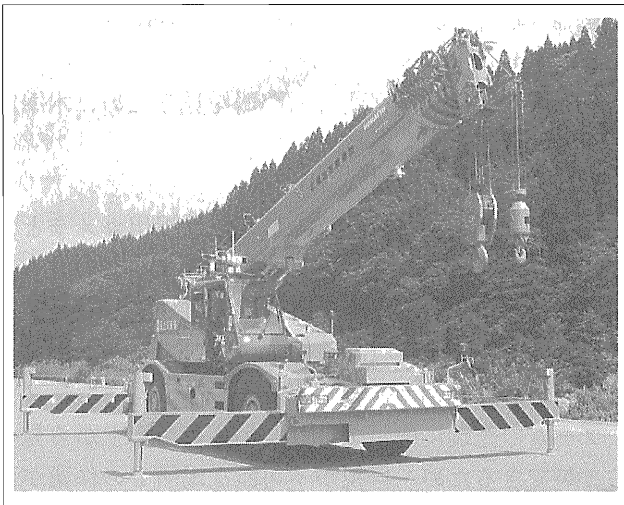


写真一3 走行用送信機

#### (3) 無人ラフテレーンクレーンの特徴

無人ラフテレーンクレーン（写真一4）の特徴として下記が挙げられる。

- ① 遠隔操作が可能な50t吊りラフテレーンクレーン。
- ② 遠隔操作時の操作有効距離は約150m。



写真一4 無人ラフテレーンクレーン

- ③ 有人操作時における一般公道の走行が可能。
- ④ 災害復旧工事に不可欠な吊り荷走行が可能。
- ⑤ 送信機は走行、作業用の2台。なお、送信機は実績がある特定小電力無線を採用、免許は不要。
- ⑥ 有人機と同様に過負荷防止装置を遠隔で監視できる過負荷防止監視システムを装備。
- ⑦ 安全性の確保と操作性の向上を目的に、映像支援システムを装備。
- ⑧ アウトリガの自動張出し装置を装備。

#### (4) 主な仕様

- ① 全長：11,940 mm
- ② 車両総重量：37,990 kg
- ③ 最高車速：49 km/h（遠隔操作時：10 km/h）
- ④ クレーンの能力（アウトリガ最大張出し）
  - （9.8 m ブーム） 50,000 kg × 3.0 m
  - （16.4 m ブーム） 30,000 kg × 4.5 m
  - （36.3 m ブーム） 11,000 kg × 7.0 m
  - （43.0 m ブーム） 7,000 kg × 10.0 m
 2tのブロックを約23m、1tのブロックを約29m先まで設置が可能。
- ⑤ クレーンの能力（1.6 km/h 走行、遠隔操作時）
  - 前方 6.0 t（作業半径6.5 m）
  - 全周 2.4 t（作業半径6.5 m）
- ⑥ 無線操作装置
  - ・電波区分 特定小電力無線
  - ・周波数 429 MHz 帯
  - ・通信速度 4,800 bps
- ⑦ 過負荷防止装置監視システム
  - ・電波区分 SS無線
  - ・周波数 2.4 GHz 帯
- ⑧ 映像支援システム

- ・電波区分 SS無線（画像）  
特定小電力無線（カメラ操作）
- ・周波数 2.4 GHz（SS無線）  
429 MHz（特定小電力無線）
- ・車載カメラ
 

キャビン上部カメラ	1台
主・補ウインチカメラ	2台
水準器カメラ	1台
ブーム先端カメラ	1台
- ・表示モニタ 液晶モニタ 2台
- ・操作盤 1台

#### 4. 無人ラフテレーンクレーンの法規制

無人ラフテレーンクレーンの開発に当たっては、工場出荷時の「移動式クレーン検査証」と公道を走行するための「自動車検査証」を取得する必要があり、各関係部局と調整を行った。

##### (1) 移動式クレーン検査証

全作業を遠隔操作できる無人ラフテレーンクレーンは日本初の試みで前例がないため、労働局と調整を行い条件付きで製造が許可された。

主な条件は下記の通りである。

- ① ラジコン操作位置はクレーンから最大150mとし、確実に電波の届く範囲で作業すること。
- ② クレーン本体や外部警告灯・表示灯を目視確認できる位置から操作し、クレーンが障害物の陰に入らないようにすること。クレーン本体についてはモニタではなく、オペレータが確実に目視でクレーンの動きを把握できること。
- ③ ラジコンで運転する場合、クレーン本体にカメラを設置し、また必要に応じ現場にカメラを増設することにより、常に安全を確かめて運転すること。無人施工においても玉掛け作業は人に頼るケースがほとんどで、安全を確保するため車載カメラ等の設置すること。
- ④ 遠隔操作時の「吊り荷走行」では、定格荷重を安全のため搭乗操作時の70%に制限すること。

##### (2) 自動車検査証

ラフテレーンクレーンは公道を自走でき、不整地での走行や狭隘な場所での運用が可能など機動性が高く、一般市販クレーンでも主流となっている。

開発機のベースマシンには、この特性を生かして砂防現場の狭隘な現場や災害現場での使用を想定している。従来の無人化施工機械では、公道を走行するこ



とはなく、今回の開発が無人化施工機械として自動車検査証を取得する初めてのケースとなった。

国土交通省自動車交通局技術安全部での見解は「無人で公道を走行できる車両は保安基準に適合せず認められない。特定区域以外は走行しないという取扱い上の制限では実行性がない」というものであった。

このため、車両の構造で公道を遠隔操作できないことが求められ、種々検討、調整が行われた結果、下記の条件付きで、自動車検査証を取得することができた。

#### (a) 遠隔操作での走行条件

「クレーン作業中（作業姿勢）以外では遠隔操作での走行ができない構造とすること」という条件を受け、ブーム角度を15度以上を作業姿勢（車両の全高は5.83 m以上）とし、それ以外の状態では遠隔操作ができない構造とした。

これにより、作業姿勢では保安基準に適合せず「違法または、違法改造で運行している」と取扱うことになるので、公道を遠隔操作で走行することは、当然できないことになる（図-3）。

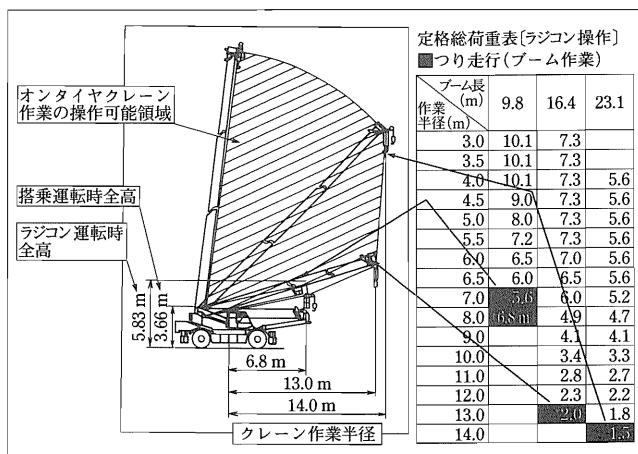


図-3 クレーンの作業姿勢（遠隔操作での走行が可能な作業姿勢の範囲）

## 5. 映像支援システム

遠隔地で作業を安全に施工するために、従来の無人化建設機械で使用されてきた車載カメラに加えて、各種のモニタシステムを装備した。概要は下記の通りである。

#### ① キャビン上部カメラ

キャブの上部に設置され、有人操作時と同様な視界が確保

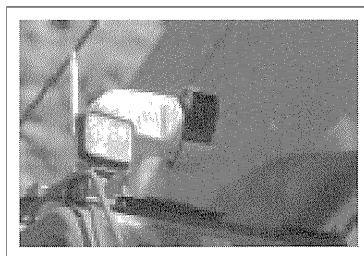


写真-5 キャビン上部カメラ

できる（写真-5）。

#### ② 水準器カメラ

遠隔操作で確認が必要な水準器を見るために水準器カメラを装備している。

#### ③ 主・補ウインチカメラ

主ウインチと補ウインチの乱巻き監視用カメラとして装備している。

上記①, ②, ③の映像を切替えにより遠隔モニタシステムに2.4 GHzのSS無線で伝送している。

#### ④ ブーム先端カメラ

ブームの先端に取付けられ、吊り荷を真上から見るができるため、目視が不可能な場所での作業が可能となった。

#### ⑤ 過負荷防止装置監視システム

負荷状況の情報は安全な施工に対し、非常に重要であるため、遠隔操作を行う操作室に2.4 GHzのSS無線で伝送し、サブモニタ装置を追加して運転席と同じ画面を見ることを可能とした（写真-6）。

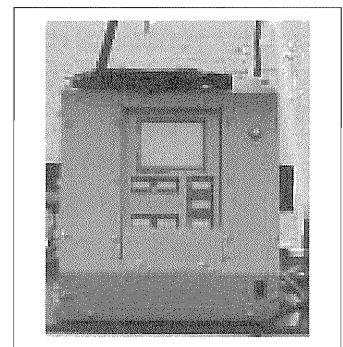


写真-6 過負荷防止装置監視システム

#### ⑥ 固定カメラ

必要に応じて現場に固定カメラを設置することで、作業現場全体を確認し、作業を行うことができる。

## 6. 無人ラフテレーンクレーン性能確認試験

### (1) 施工性調査概要

白峰砂防出張所管内の柳谷地区で施工中の「導流落差工」で試験施工を行い、サイクルタイムの測定とオペレータヒアリングを実施し、有人操作と無人操作の比較を行った。なお試験施工は「有人区域」、「無人区域」の2箇所で行い、「有人区域」については施工箇所を2つに分け、同じ条件で有人操作、無人操作を比較した。無人区域ではクレーンカメラの効果についても確認した。

作業項目については下記とし、ストップウォッチでサイクルタイムを計測した。

#### ① 型枠設置工（円形型枠ブロック）

#### ② U字溝設置工

#### ③ コンクリート工（打設）

またオペレータに対してヒアリングを行い有人操作との比較、特に劣る項目についての原因を調査した。

## (2) 試験施工結果

- ① 有人区域での試験施工では有人操作と比較し、無人操作は30%～38%の作業効率であった。

初めての現地施工であり、オペレータがまだクレーンの無人操作に熟練していないため、有人操作と比較して作業効率は低い(図-4)。

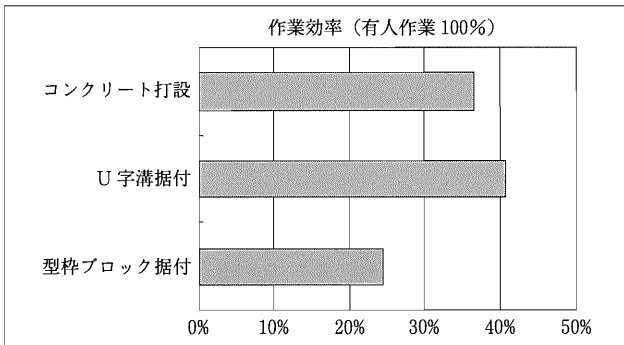


図-4 無人ラフテレーンクレーン作業効率

- ② クレーンカメラ(写真-7)を使用した無人区域での試験施工では、従来できなかった場所での作業が可能となり、特に真上から見るため設置したブロックの施工精度の確認が可能となった。

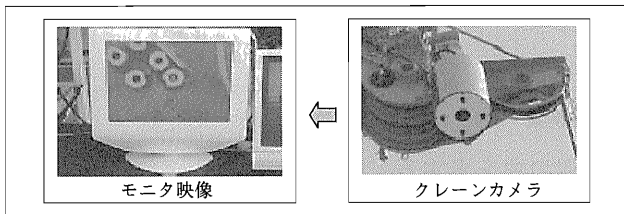


写真-7 クレーンカメラ

- ③ また渡河しての無人施工区域内の施工では、作業区域の近くにクレーンを設置するため、作業半径が小さくなることで、吊り荷重が大きくなり、コンクリートバケットが従来の1m<sup>3</sup>から1.5m<sup>3</sup>と大きい容量での施工が可能となった。
- ④ アクセル設定方法の変更について検討した。当初、遠隔操作におけるクレーン作業の安全性を考慮し、エンジン回転数(アクセル)を2段階に固定していたが、今回の改善案で3段階に改良した。その結果、施工効率的には変わらないがオペレータの評価も良く、今後操作の慣れが出てくれば改良効果が出ると考えられる。

また、アクセル固定が作業効率低下の原因との推測もあったが、有人操作ではアクセル固定でも作業効率が高く、主要因ではないと確認できた。

## (3) オペレータヒアリング

主なヒアリング結果は次のとおりである。

- ① 無人操作での微操作性は有人操作と比較し、特に問題ない。

- ② 無人操作での作業用エンジン回転の設定が低いので、ブーム起伏速度が遅い。アクセルが固定で複合操作時の速度が上げられない。
- ③ 型枠設置には吊り荷の回転制御機能があると良い。

## (4) 施工試験結果の考察

施工試験結果及びオペレータのヒアリング結果から、有人操作と比較して無人操作の効率が低い理由として、次のことが考察される。

- ① レバー操作量と無人ラフテレーンクレーンの動作速度の感覚がつかみにくい。特に動き始めと止めがむずかしく、操作になれていない状況と考えられる。

また、旋回については負荷により、動き始めのレバー位置が変化するため、慣れるのに時間を要すると考えられる。

- ② クロスレバーでの複合操作がむずかしい。
- ③ 遠隔操作ではクレーンの動きが体感できない。映像や目視だけでは、作業機の微妙な動きや負荷状況が分かりにくい。このため、判断が遅れ結果として操作が遅れる。

搭乗していれば作業機の動き、負荷の状況が体感でき把握できることから、適切なアクセル操作やレバー操作にて作業が行えるが、無人操作ではレバーの微操作により対応することが有人操作より難しい。

## 8. 結 論

白峰砂防工事現場における無人施工区域へ、無人ラフテレーンクレーンを導入したことにより、これまで作業員の安全が確保できず施工が不可能であるとされてきた施工箇所の施工が可能となった。

これにより新たな無人化施工工種が確立され、今まで難しいとされてきた他の無人化施工箇所においても活躍が期待され、作業の安全性が向上すると考えている。

また無人施工区域にクレーンが渡河できたことにより、クレーンの作業回転半径を小さくできることから、吊り荷重を大きく(約60%向上)することができた。

しかし、無人操作の作業効率は、有人操作に対し低い結果となった。これは、有人操作ではオペレータが車体の音、加速度等を体感しながら、吊り荷を揺らさないように微妙な操作をしているが、無人操作ではこれらが体感できないことから、適切な操作ができない

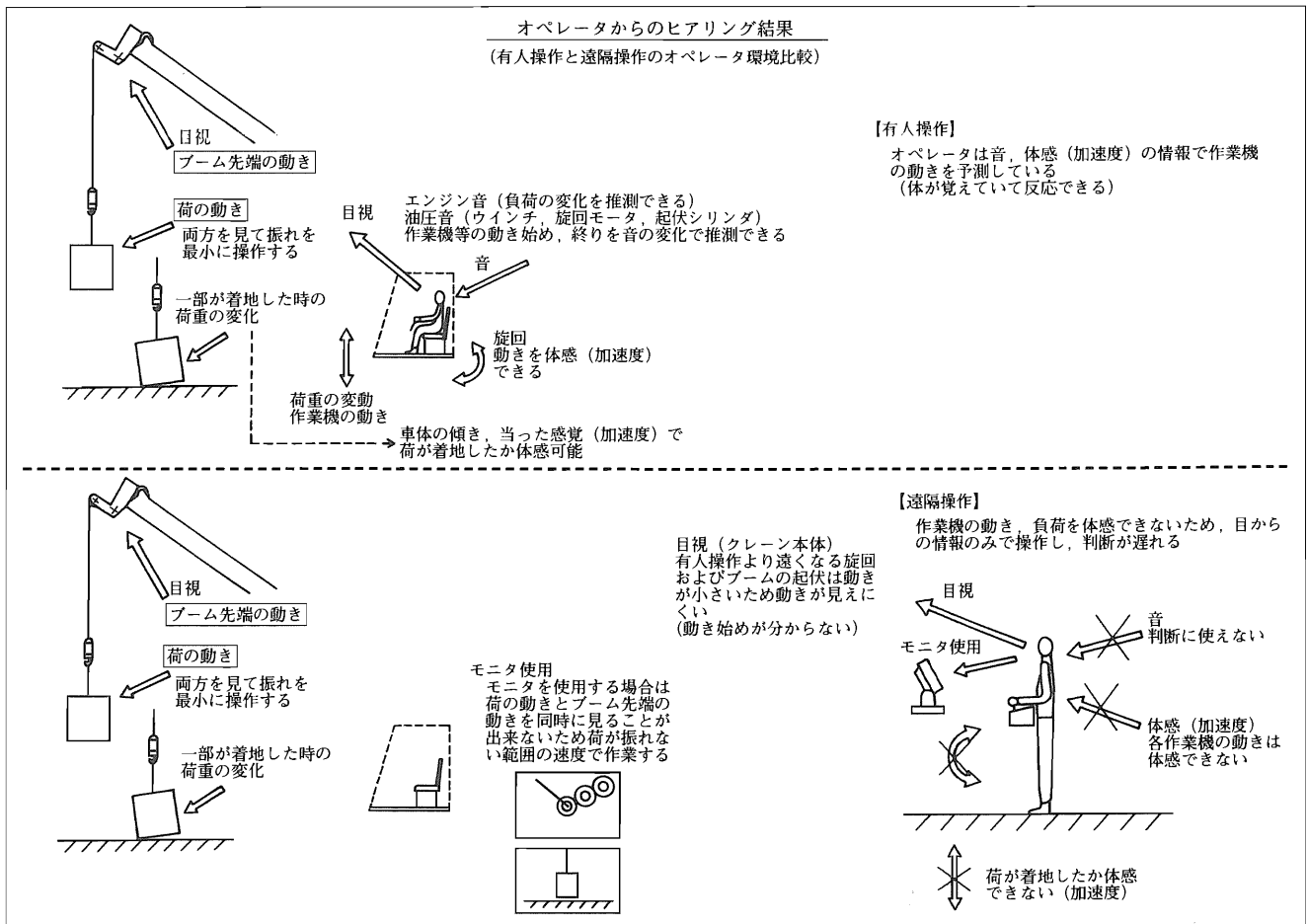


図-5 施工試験結果からの考察

ため、作業効率が低下したと考えられる。

また、今回の施工期間が短いことから、今後のオペレータの習熟により、クレーンの無人操作の効率は向上できると思われる。

### 9. 今後の課題

クレーンの無人操作では、機械の動きが体感できないため作業効率が低下したと考えられ、これらを補うためには映像支援装置にクレーンの動く速度を棒グラフ等で表示するなどの方法が考えられる。

また、作業の中では特に型枠等の設置での効率が大きく低下した。現状の工法で施工する場合は、吊り荷の回転を制御できる機器が既にあるので（「無線操作式・吊り荷回転誘導装置」等）、これらの活用による効率向上が可能と考えられる。また、無人化施工に適した工法に変更し、効率を上げる検討も必要と考えられる。

### 10. おわりに

今回の開発にあたり、ご協力いただいた関係者各位

に感謝の意を表する。

JCM A

#### 【参考文献】

- 1) 国土交通省：「建設機械に関する技術指針」

#### 【筆者紹介】

樋口 昌幸（ひぐち まさゆき）  
国土交通省  
北陸地方整備局  
北陸技術事務所  
機械課  
課長

笠原 邦昭（かさはら くにあき）  
国土交通省  
北陸地方整備局  
北陸技術事務所  
機械課  
整備係長

加藤 学（かとう まなぶ）  
国土交通省  
北陸地方整備局  
北陸技術事務所  
機械課  
国土交通技官

# ダイオキシン類を有する大型煙突解体システムの開発と実施例

半田 雅俊

社会的問題となっている有害物質であるダイオキシン類を有する廃棄物焼却施設の解体工事は、その特殊性から安全で確実な技術の開発が求められている。今回開発した焼却施設解体工法「TO-CSD 工法」の中の大型煙突解体技術である「チムリス煙突解体システム」とその周辺技術の実施例について報告する。このシステムは、昇降式構台、無人化除染・耐火煉瓦解体ロボット、無人化コンクリート解体機械、等で構成されている。

キーワード：ダイオキシン類、清掃工場、焼却施設、煙突、解体、除染、昇降式、無人化、ロボット、IC タグ

## 1. はじめに

埼玉県・所沢市の野菜からダイオキシン類が発見され、テレビで連日放映されるなど、ダイオキシン類は社会的問題となった。平成 11 年「ダイオキシン類対策特別措置法」制定により、基準値以上のダイオキシン類を排出する廃棄物焼却施設は休炉、廃炉となり、その数は 900 炉以上になるといわれている。

このダイオキシン類を有している廃棄物焼却施設の解体は特殊な工事であるため、戸田建設株式会社（以下、当社）では安全に、確実に処分する技術の開発を進めてきた。また、最近の煙突は高さが高く、鋼管煙突が複数束になりそれをコンクリートで保護している内塔式の煙突が多くなってきているが、以前の煙突はほとんどが鉄筋コンクリートで内部を耐火煉瓦で保護されている形式のものであった。

ダイオキシン類が問題になる前は、煙突を引き倒してから小割りに解体する方法もとられていた。しかし、現在ではこのようなダイオキシン類をばらまくような方法は認められないため、当社では鉄筋コンクリート造の 100 m 級の高さの煙突をターゲットとし、安全に確実にダイオキシン類を除去し、解体する工法「チムリス煙突解体工法」を開発した。

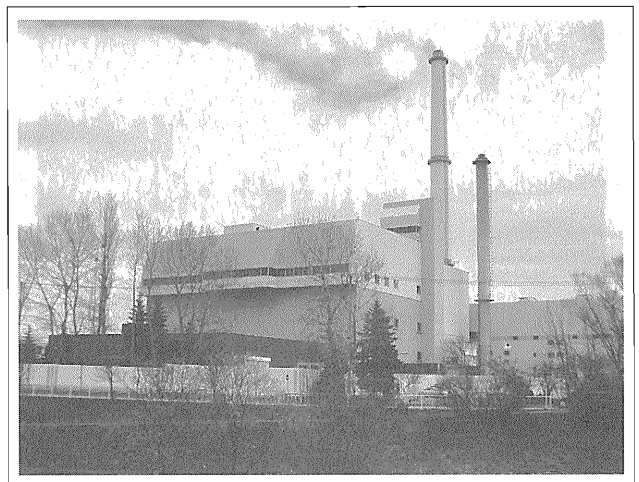
煙突は、通常内部のダイオキシン類濃度が高く、第 3 管理区域での工事となる。そのため、工事は外部に対し囲われた状態とし、また集塵機を使いながら煙突内部を負圧の状態とし、作業員は動きにくい第 3 レベルの保護具を着用して工事を進めなくてはならない。

そのため、作業員が内部に入らずに、工事が進められるように、無人化機械化が必要であった。以下に、煙突の解体技術「チムリス煙突解体システム」を実施例で紹介する。

## 2. 実施例の概要

焼却施設解体工法「TO-CDS 工法（Toda-Clean Dismantling System）」で実際に施工した清掃工場解体工事の概要は以下の通りである。

この清掃工場（写真—1）は、札幌市の一般ごみを処理していた焼却施設であるが、ダイオキシン類特別措置法の新基準に合致しなくなったため、現在では休炉をしていた施設である。これは、基発 401 号施行以来の解体工事としては日本最大規模の清掃工場解体工事である。



写真—1 北海道札幌市の清掃工場の全体写真

- ・場 所：北海道札幌市
- ・発 注 者：札幌市
- ・煙 突 構 造：鉄筋コンクリート造
- ・煙 突 規 模：高さ100m，直径4.5～7.7m
- ・煙突解体期間：平成16年5月～平成17年3月
- ・焼却炉能力：600t/24h

### 3. チムリス煙突解体システム

#### (1) システム概要 (図-1)

煙突解体工事の要素技術としては、以下の四つがある。

- ① 昇降式構台
- ② 無人化除染ロボット
- ③ 無人化煉瓦解体ロボット
- ④ 無人化コンクリート解体機械

#### (2) 昇降式構台

本工法は、煙突頂部を囲い、各種の装置作業をおこなうスペースとしての作業構台（ワークステーション）(図-2、写真-2)を地上近くで組立て、2本の長さ1.8mのマストを地上部で差込んで油圧でジャッキアップさせ、ワークステーション全体を持上げるシステムである。

上昇スピードは10～12m/日で、100mの煙突頂部にセットする場合の上昇期間は、途中で18mピッチのステイの設置や3箇所あるステージの解体などの工

事もあるため、約1カ月かかる。

上昇させたワークステーションは、煙突頂部において固定し、クレーンビームを煙突中央に回転セットした後、クレーンから各種ロボットを吊るした状態で除染工事，耐火煉瓦解体工事，コンクリート面の洗浄作業を行う。これらの作業終了後，鉄筋コンクリート躯体の解体工事をしながら一緒に降りてくる作業となる。

下降作業は，上昇の逆でジャッキダウンをし，1.8mのマストをはずしながら降りてくる。

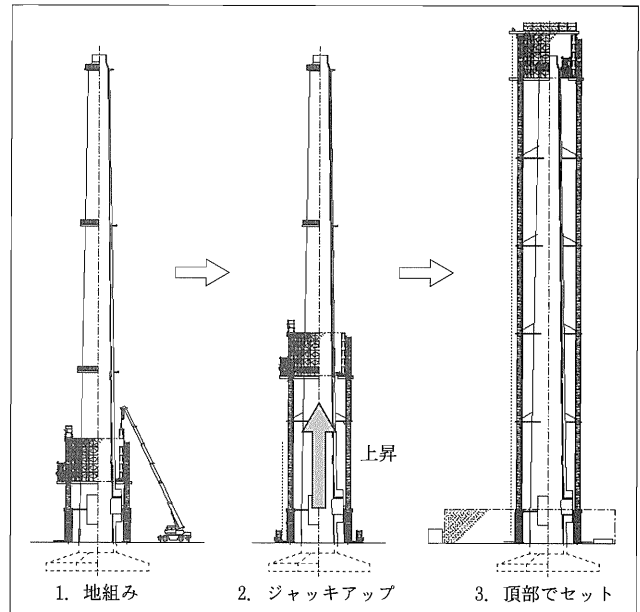


図-2 構台（ワークステーション）上昇手順図

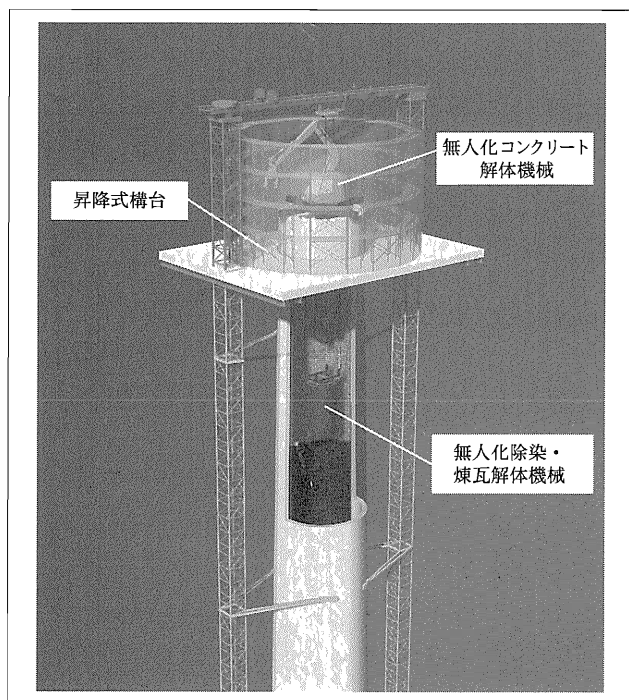


図-1 「チムリス煙突解体システム」の全体説明図

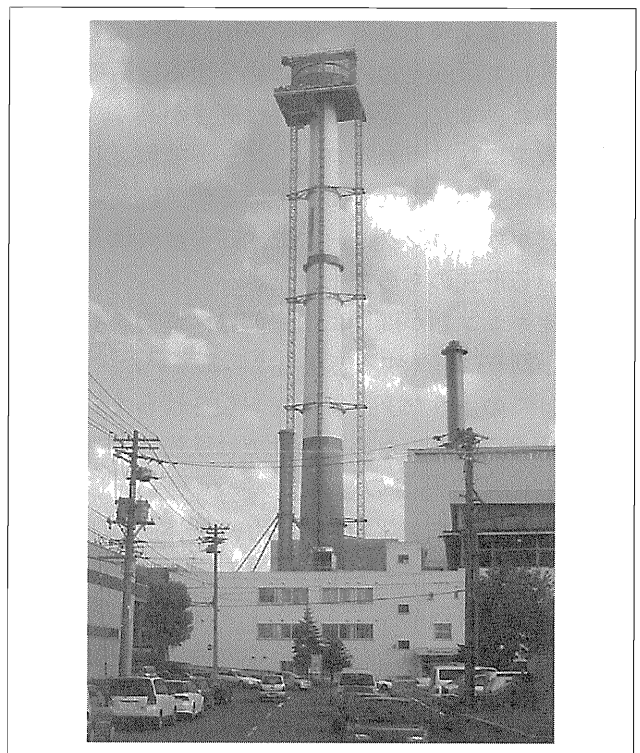


写真-2 昇降式構台全景

### (3) 煙突の除染, 煉瓦解体機械

本機械(図-3)は、内部の耐火煉瓦表面とコンクリート表面に付いたダイオキシソ類を高圧水で除染(洗浄)(写真-3)するための無人化機械と、耐火煉瓦を解体(写真-4)する無人化機械がある。これらの機械は一つの本体機械に先端のアタッチメントを替

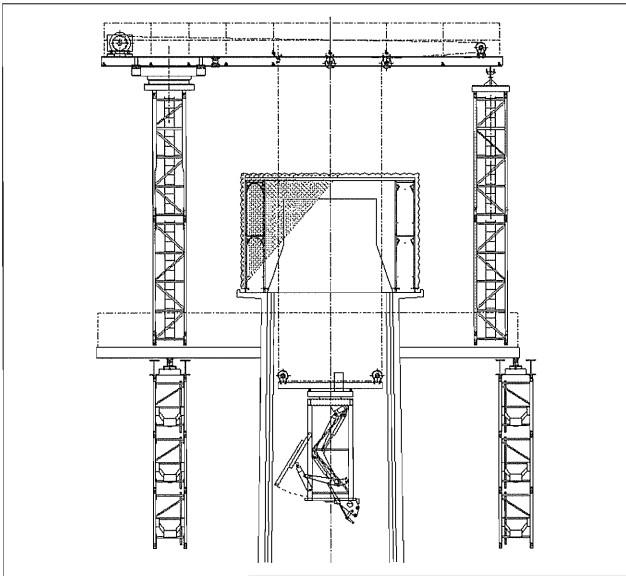


図-3 除染・耐火煉瓦解体ロボット設置図

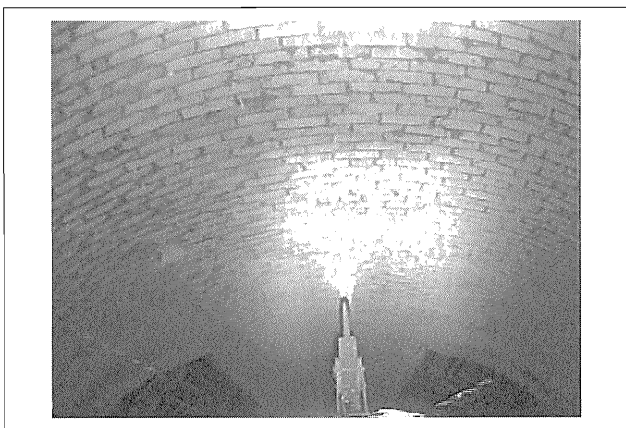


写真-3 耐火煉瓦の除染状況

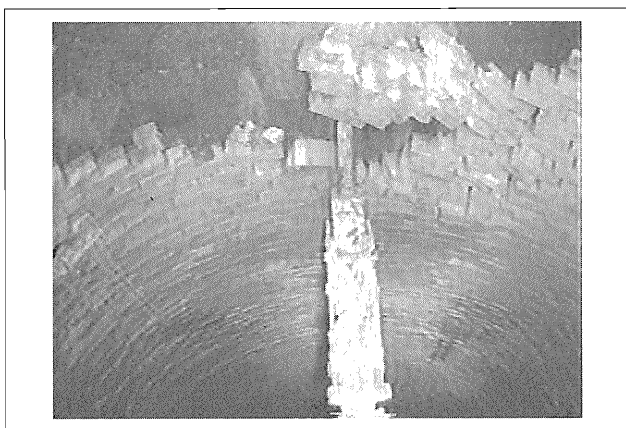


写真-4 耐火煉瓦の解体状況

えることにより使い分けることができる。本機械はワークステーション上のビームから吊るされ、5 m/minのスピードで昇降する(写真-5)。

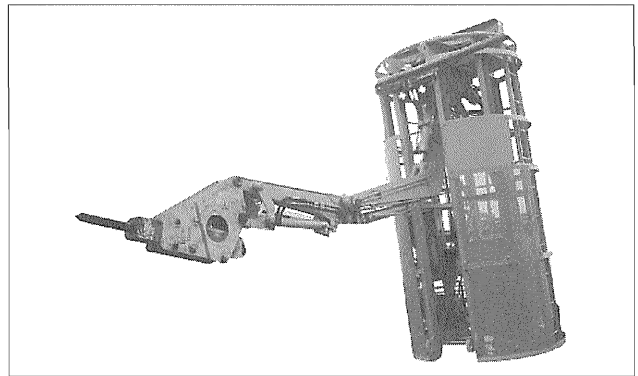


写真-5 除染・煉瓦解体ロボット

特に老朽化した煙突の内部に作業員が入って行う作業は煉瓦の崩壊など危険な面も多い。そのため機械の操作は、機械に取付けたビデオカメラからのモニター画面を見ながら遠隔操作を行った。また煙突には、耐火煉瓦とコンクリートの間に隙間があり、この隙間に煙が入り込み、内部のコンクリート面にも多少ダイオキシソ類が付着している可能性がある。そのため、耐火煉瓦解体後に、再度コンクリート表面を除染(洗浄)する。

### (4) 煙突コンクリート躯体の解体

コンクリート躯体の解体工法は、煙突上部にクローラ部をはずした重機(パワーシャベル0.25 m<sup>3</sup>級)を乗せてニブラーで油圧解体を行う(写真-6)。



写真-6 コンクリート躯体の解体状況

重機は煙突コンクリート躯体に架けた十字の桁に乗せ、上部のウインチからも吊った状態で解体作業を行う。桁下部分の解体は、重機を浮かし、桁を回転させ

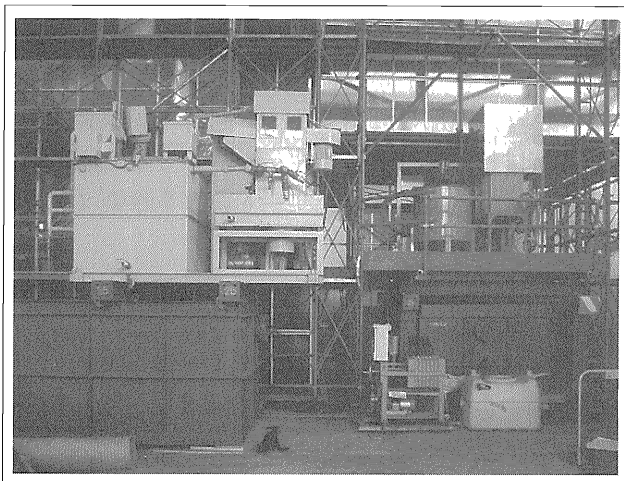
てから行う。

解体コンクリート片の大きさは実験結果から 10 cm × 20 cm × 20 cm 程度の大きさになることが判明していた。この破片は外部に落ちないように内部に落とすことになるが、この落下衝撃音と振動は事前の実験により、問題のないことが確認されていた。

本機械の操作は除染機械と同様にリモコンによる遠隔操作である。ワークステーションはこのコンクリート躯体解体スピードに合わせて降ろし、一番下においてから、一緒に解体する。

#### 4. 排水処理技術

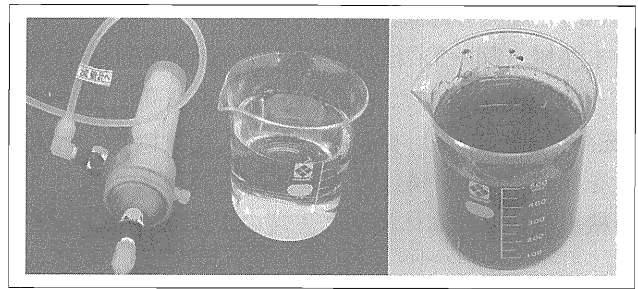
除染水の無害化処理のためには、戸田式凝集沈殿遠心分離機にダイナミック膜濾過と限外濾過膜システムを合わせて、新たに「TO-DXN カットシステム」を開発した（写真一七）。



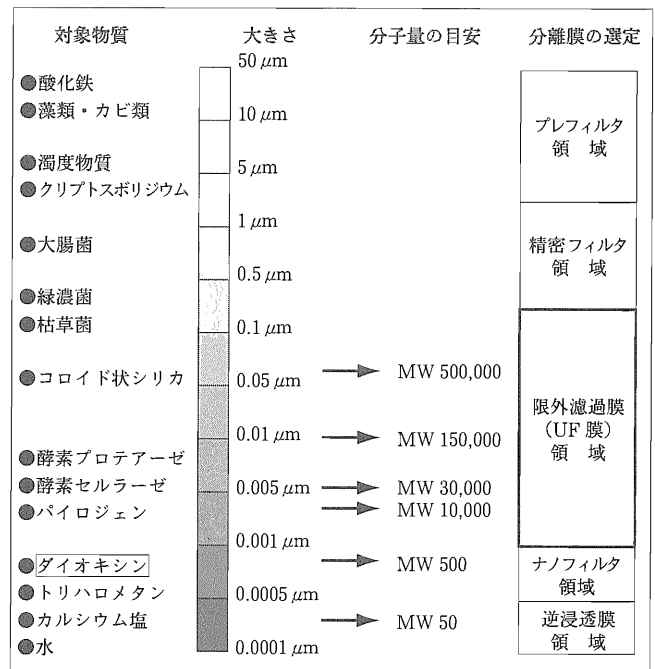
写真一七 TO-DXN カットシステム

本システムは、ダイオキシン類濃度を下水放流基準の 10 pg-TEQ/L の 1/10 である環境基準の 1 pg-TEQ/L 以下をめざしたものである。除染水は浄化したうえで除染工程への循環利用を図り、最終排水量を削減する。排水の再利用には処理能力が 6 m<sup>3</sup>/h と大きな戸田式凝集沈殿遠心分離機を利用する。これにより除染工事用の保管タンクを小さくすることが可能であり、最終的な放流量も少なくすることが可能となる。

限外濾過膜は中空の糸であり、その糸に 0.1 μm 程度の細かい穴が開いているものである。この糸の中を通るとこの 0.1 μm より大きな物質は穴を通ることができない（写真一八）。限外濾過膜は一種のフィルターである（図一四）。水に溶けたダイオキシン類はこの膜よりさらに小さいが、通常ダイオキシン類は灰などの



写真一八（左）限外濾過膜と処理水（右）原水



図一四 分離膜の穴の大きさと物質の大きさの関係

物質に付着しており、除染高圧水によって灰などの物質ごと洗い流されている。ダイオキシン類は元来、水に溶けにくい性質があり、この灰などの SS 分を濾せればそれに付着しているダイオキシン類自身も取れるという原理である。

下水への放流時はダイオキシン類濃度が下水道排水基準以下を水質分析により確認し下水道に放流する。また、排水処理により発生する脱水汚泥ケーキは最後に汚泥無害化装置にかけて、無害化を行う。

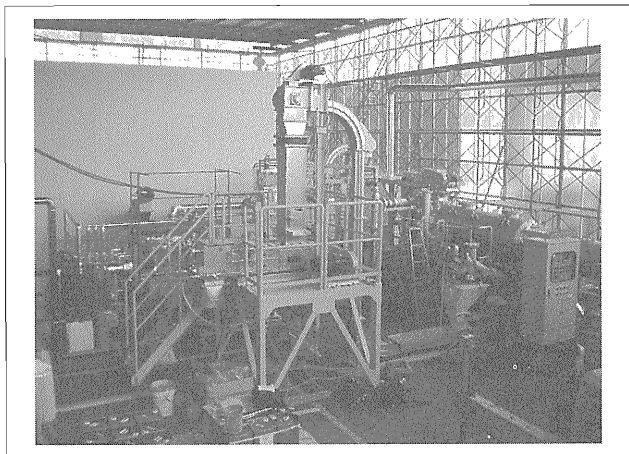
#### 5. 汚泥、残灰の無害化、不溶化

排水処理から出てきた汚泥ケーキ、焼却炉、煙突等プラントに残っていた残灰等はダイオキシン類濃度が高いため埋立て処分場に持っていくためには 3 ng-TEQ/m<sup>3</sup> 以下に濃度を落とさなくてはならない。

外部で処分できる施設があればよいが、受入れてくれる施設は少なく、そこまでの運搬費を考慮すると高い費用がかかる。そこで解体現場で処理できるように

可搬式の無害化プラントが求められていた。

土壌ダイオキシン類の無害化には大きく分けて二つの方法がある。一つは、1,600℃以上の高温で熔融しガラス固化する方法である。二つ目は薬や窒素ガスを加えて400～650℃のキルン（炉）で脱塩素化する方法である。当清掃工場解体工事では、簡易で消費エネルギーが小さな脱塩素法を採用した。現在、敷地内に管理区域を設けた無害化プラント小屋を設け、現在稼働中である（写真—9）。



写真—9 汚泥・残灰無害化プラント

## 6. 安全管理

ダイオキシン類という有毒な物質を扱うために、解体工事を進めるにあたり、以下のような安全管理システムを構築した。

- ① IC タグを使った「管理区域安全管理システム」
- ② ライブ映像管理
- ③ 非常時通信システム

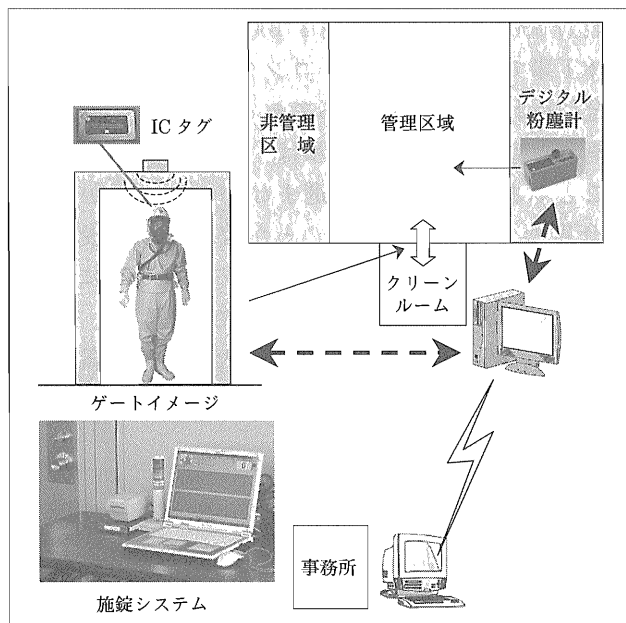
### （1）管理区域安全管理システム（図—5）

ダイオキシン類の外部への飛散防止管理と作業員の安全管理、また部外者の進入禁止対策として、西松建設株式会社と共同開発を行った管理区域への入退場管理システムである。

本システムでは、作業員のヘルメット内部にICタグを貼り、読取り装置を設置した管理区域への通門ゲートを通して入場する。

この通門ゲートと連動した電気錠により施錠・入退場管理を行う。ICタグは、非接触型の記録装置で約50cm離れたタグデータを読取ることができる。管理区域に入場する作業員は必ずヘルメットを着用するため、このヘルメットの内部にICタグを埋込んだ。

通常の入退場管理システムは作業員が、通門ゲート



図—5 管理区域安全管理システム概要図

において作業員ICカード（または磁気カード）をリーダーに読取らせて管理していたが、この管理区域では作業員は保護服で固められているため、カードの取出し作業のような細かい作業ができない。そのため通門ゲートを単にくぐればよいICタグ方式を採用した。

本管理システムの採用により、事前に登録された特定の作業員のみ入退場管理を行うことができ、外部からの保護服を着用していないような一般の人の入場を阻止することができる。また、管理区域内にデジタル粉塵計を設置し、作業員一人一人の作業時間、平均粉塵濃度の管理、異常時の警報などの安全管理も行うことができる。

### （2）ライブ映像管理

現場内の管理区域は、炉室と煙突の2箇所に別々に設定してあり、入るためには保護服を着用しなくてはならないため、気楽に往来できる状態ではない。そのため、事務所内でも管理区域内の作業状態がどのようになっているかをモニタ画面で把握、管理するために本管理システムを導入した。

現場内にカメラを9台設置することが可能で、映像をハードディスクに記録することも可能である。また、社内のネットワーク上に乗せることもできたため、遠く離れた東京の本社からもリアルタイムの映像を見ることができる。

## 7. おわりに

本報文で紹介した札幌市の清掃工場解体工事は、焼



却能力 600 t/24 h, 煙突高さ 100 m と日本最大規模の解体工事である。現在は、コンクリートの解体作業が安全に行われているところである。

廃棄物焼却施設の解体工事は、今まで補助金がなかったこともあり、なかなか進まなかった。しかし平成 16 年度から補助金がつくことが決まり、今後は解体工事が進むものと思われる。今後の解体工事に、当社の技術開発がお役に立てれば幸いである。

最後に、技術開発にご協力いただいた関係各位に感謝いたします。

J C M A

#### 《参考文献》

- 1) 半田雅俊, 他:「清掃工場における 100 m 級煙突の解体工法の開発と計画」2004 年 8 月 日本建築学会大会論文, p. 935, 講演番号 1455
- 2) 厚生労働省労働基準局化学物質調査課編:「廃棄物焼却施設解体作業マニュアル」, 社団法人日本保安洋品協会

#### 【筆者紹介】

半田 雅俊 (はんだ まさとし)  
戸田建設株式会社  
本社建築本部  
生産技術開発部  
清掃工場解体技術開発プロジェクト  
プロジェクトマネージャ



現場技術者のための

## 建設機械整備用工具ハンドブック

- 建設機械整備用工具約 180 点の用語解説と約 70 点の使い方を収録。
- 建設機械の整備に携わる初心者から熟練者まで幅広い方々の参考書として好適。

■ A 5 判 120 頁

■ 定 価: 会 員 1,050 円 (消費税込), 送料 420 円  
非会員 1,260 円 (消費税込), 送料 420 円

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

# 道路トンネルにおけるシールド技術体系と最新技術

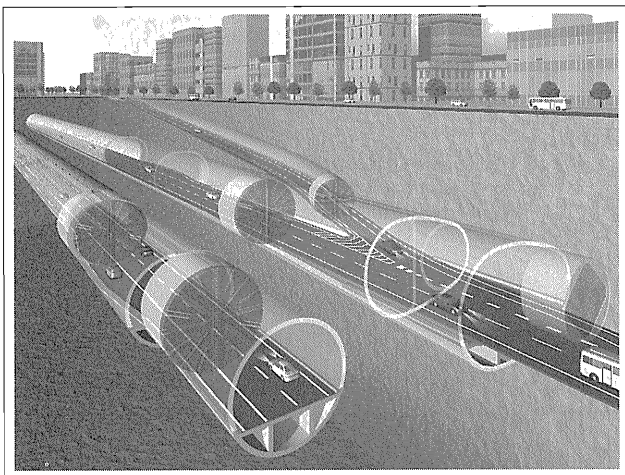
馬野 浩二・永森 邦博・中川 雅由

鹿島の道路トンネルシールド技術体系は、豊富な実績に培われた超大断面、超長距離シールド施工技術を主軸として、道路特有の構造に対応できる合理的設計・施工技術（非常駐車帯、ランプトンネル、覆工、防災）でサポートする形で構成されている。このような技術体系の中で、今回新たに開発した、大深度下で地上環境に悪影響を与えることなく施工できる非常駐車帯構築技術（部分拡幅シールド：VASARA）及びランプ部構築技術（合流シールド：スクリーン/D-Shape/太径曲線パイプルーフ）について紹介する。

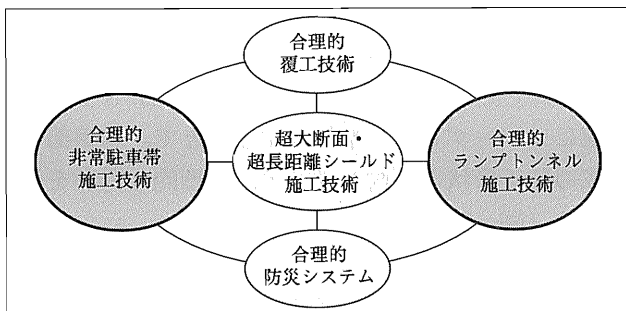
キーワード：大深度地下、部分拡幅、分岐・合流、回収・転用、非開削工法、非常駐車帯、ランプトンネル

## 1. まえがき

都市部の過密化にともない、社会インフラストラクチャを地下に整備する必要性が高まっている。また、都市再生の進展とともに都市部の交通インフラストラクチャの重要性が叫ばれており、その中心となる幹



図一 道路トンネルシールドシステムイメージ図



図二 道路トンネルシールド技術体系図

線道路においても地下化の計画が数多くあることから、これまで道路トンネルを構築する技術が多く開発されている。

シールド工法による道路トンネルは、非常駐車帯の設置を必要としない路肩幅（大断面）で計画されている。また、ランプ部などの施工では、「開削工法」あるいは「地中切掘げ工法」を用いて施工されてきた。

しかしながら、都市部における地上部占有条件や地下埋設物との干渉などによる制約、大深度地下使用法の施行による路線計画の大深度化によって開削施工が困難な状況になりつつある。さらに、従来の「地中切掘げ工法」は地盤改良などの多くの補助工法を必要とし、安全性、工費、工期の面でも問題があり、シールドトンネルの分岐・合流部や断面の部分的な拡大を従来工法にて施工することも難しくなっている。

そこで、鹿島建設株式会社（以下、当社）では、大深度下で地上の環境に悪影響を与えることなく安全確実に道路トンネル特殊部（非常駐車帯・ランプ部）を施工できる新技術を開発し、「道路トンネルシールドシステム」として体系化した（図一1、図一2）。

## 2. 合理的非常駐車帯施工技術

### （1）部分拡幅シールド工法（VASARA（バサラ）シールド工法）\*

VASARA シールド工法とは、シールド掘進と同時に

\* VASARA シールドとは、  
 VArivable width (可変幅)  
 SAving space (省スペース)  
 RApid construction (迅速施工)  
 L工法 (Lining), S工法 (Shield)

に補助工法を用いずにトンネルを部分的に拡幅する工法であり、拡幅を「どこでも、何回でも」実施できるのが特長である。同工法はセグメントのみを拡幅・縮幅する「VASARA-L工法」と、シールドマシンとセグメントを一括して拡幅・縮幅する「VASARA-S工法」がある。

いずれの工法も非常駐車帯を部分的に拡幅できるため、本線部分のセグメントを非円形形状にしたり、拡幅部最大断面に合わせて全線を大断面で掘削する必要がないため、経済的かつ合理的な工法である（図—3）。



図—3 非常駐車帯完成イメージ図

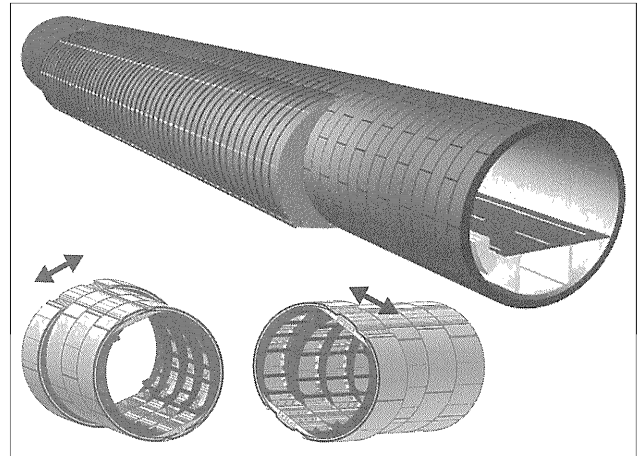
主な特長は以下のとおりである。

- ① 拡幅部以外の本線部は合理的円形断面の選択可能
- ② シールド幅を段階的に拡大・縮小でき、必要に応じた無駄のない断面の掘削が可能
- ③ シールド延長上何回でも拡大・縮小でき、必要に応じた無駄のない断面の掘削が可能
- ④ 用途に応じて片側、両側拡幅どちらでも可能
- ⑤ 掘削方法は土質に合わせて「泥水式」、「土圧式」の選択が可能
- ⑥ 縮小・拡大時の断面幅比は1:1.2程度まで可能
- ⑦ マシン入替え用の立坑が不要となり、事業費のコストダウンを図ることが可能
- ⑧ 拡幅量にもよるが、マシンの改造がほとんど必要無い（VASARA-L）
- ⑨ 曲線部にも適用可能（VASARA-S）

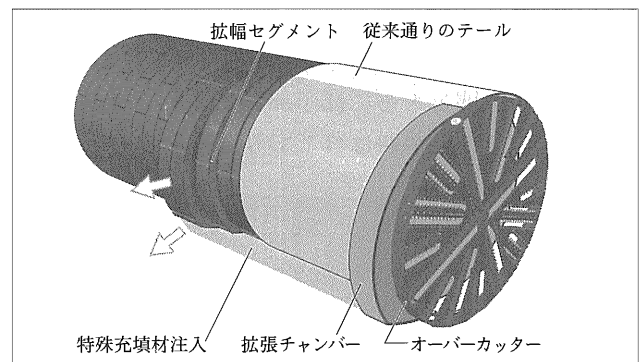
#### （a）VASARA-L工法

本工法は、本線部分では通常のシールド機と同じ方法で円形にセグメントを組立てる。非常駐車帯部分については、拡幅専用のセグメントを円形に組立て、シールド機のテールを抜けた後でセグメント自身が順次外側に押出され拡幅部分を形成するものである。拡幅さ

れる部分の地山は、拡幅量が小さければコピーカッターで、大きい場合には面板をスライドさせることで掘削し（余掘り）、余掘り部には特殊充填材を充填することで地山の崩壊を防止する。また、従来のテールシールド機構を適用でき、本工法適用の際のマシン改造が最小限で済む（図—4、図—5）。



図—4 VASARA-L工法トンネル外観図



図—5 VASARA-L工法シールドマシン概要図

#### （b）VASARA-S工法

本工法はシールドマシンの外筒部の一部をラップさせておき、掘削中にこのラップ部を伸縮させることで掘削断面の拡大、縮小を連続的に行うものである。拡幅区間の最初と最後のみセグメント（マシン共）拡幅作業が発生するだけで、拡幅区間内ではセグメント（マシン共）が太鼓型になるものの、ほぼ通常どおりの掘進・組立て作業が行える。したがって、拡幅区間が曲線形であっても対応可能である。また、マシンテール部にカバープレートを装備することで、本線部は拡幅部の覆工形状の制約を受けず、合理的な円形を選択できる（図—6）。

#### （c）実証実験

シールド機外径φ1m規模の模型を用いての土槽実験を行い、同工法の原理が成立することを確認できた。

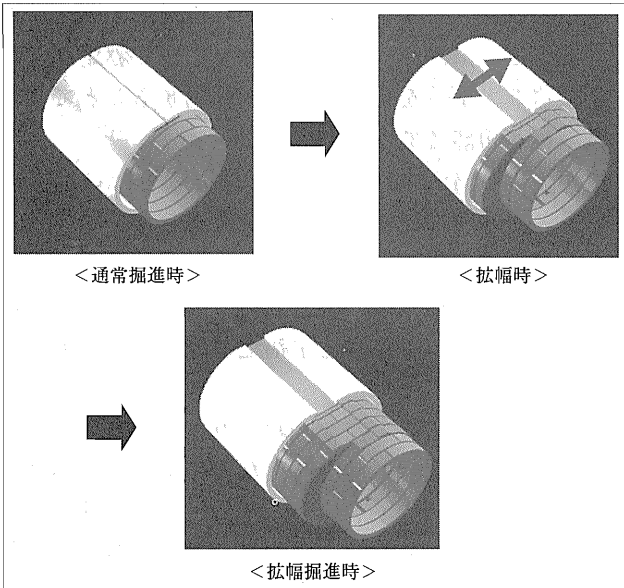


図-6 VASARA-S 工法拡幅イメージ図

土槽内には条件設定に基づく試料土を締め固めによって投入し、土被り 20 m 相当（有効鉛直土圧 0.16 MPa、水圧 0.2 MPa）を想定して载荷を行った。合わせて 0.6 MPa の水圧を作用させた条件下でもセグメントの拡幅を行い、漏水が無いことを確認した。

実験装置はシールド機、セグメントの片側半分を模擬し、土槽と一体化した構造としており、拡幅掘削模擬装置を引抜きながら特殊充填材を充填することで余掘り部を再現し、セグメントを拡幅させた。セグメントスキンプレートには回収孔を設け、押し出し時にはその孔から充填材を回収できる構造とした（写真-1、写真-2、写真-3）。

また、セグメント内径  $\phi 2$  m の実大全リングによる可動試験を行い、拡幅性能および拡幅作業性を確認した（写真-4、写真-5）。

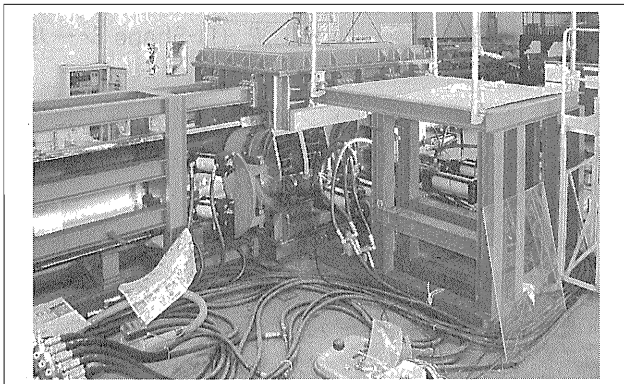


写真-1 実験装置外観

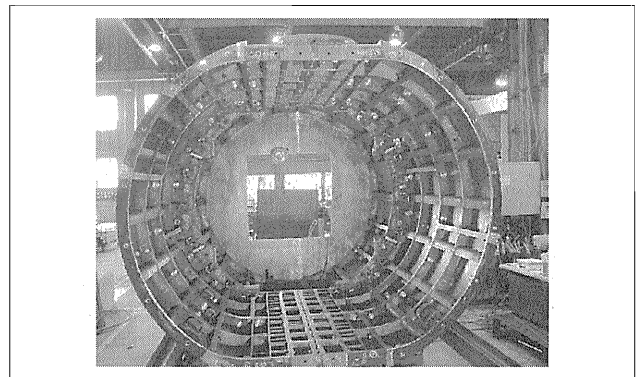


写真-4 全リング試験

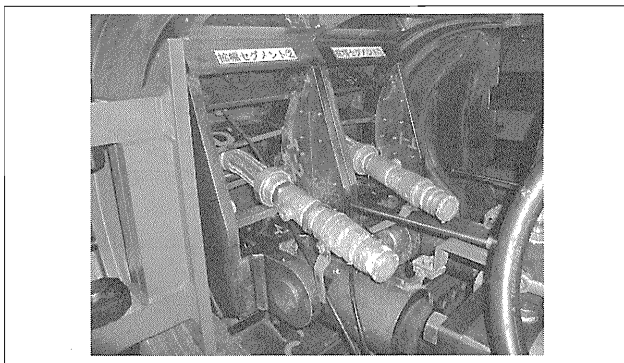


写真-2 拡幅前

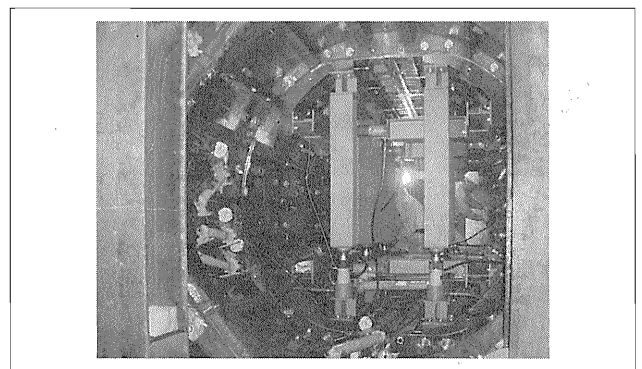


写真-5 拡幅状況

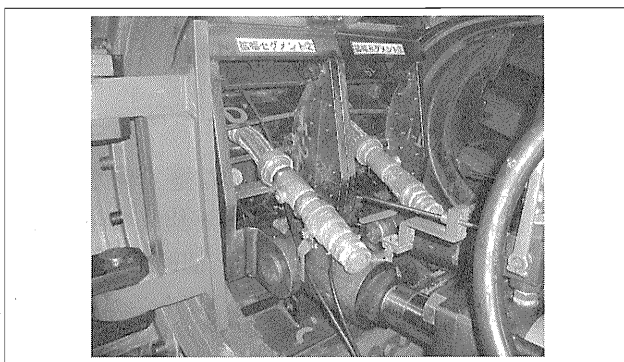


写真-3 拡幅後

### 3. 合理的ランプトンネル施工技術

#### (1) 回収型シールド工法（スクリーンシールド工法）

本工法は、土水圧を遮蔽するための複合素材を用いた遮蔽膜（スクリーン）をシールド機の前面に取付けることにより、シールド機主要部分を「いつでも、どこでも、何度でも」補助工法なしで引抜き、挿入でき

る工法で、カッタービットの交換、シールド機の回収・転用を容易に行うことが可能である（図-7）。

シールド工法ではシールド機の価格が高価なため、ランプ部構築などの短距離施工では施工延長に対するシールド機のコスト比率が高く、全体工事のコストアップにつながる問題点がある。



図-7 スクリーンシールドマシン外觀図

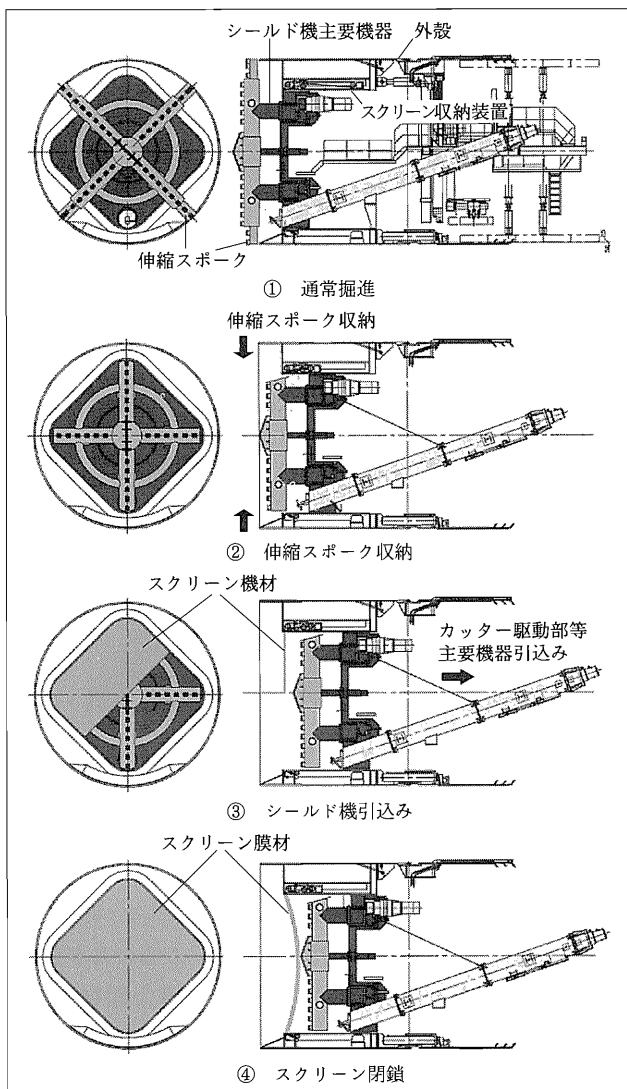


図-8 スクリーンシールド回収手順図

本工法はシンプルかつ低コストな機構で土水圧を遮蔽するとともに、シールド機のカッターや駆動部など主要機器の大部分を容易に回収・転用することでコスト低減化が可能である。

なお、0.6 MPaでの耐水圧実証実験を行い、スクリーンの土水圧に対する抵抗性を確認した。

主な特長は以下のとおりである。

- ① 土水圧の遮蔽に、複合素材である遮蔽膜を装備
- ② 複合素材により、止水構造が簡潔となり低コスト化を達成
- ③ シールド機の主要部回収、カッタービット交換などを行う場合に地山改良などの補助工法不要
- ④ 「スクリーン」は、いつでも、どこでも使用可能  
スクリーンシールドによる回収手順は、図-8のとおりである。

## (2) 断面縮小シールド工法 (D-Shape シールド工法)

本工法は本線-ランプトンネル合流部の施工において、占有幅を縮小するとともに施工性を向上させることを目的としたものである。

本線部は円形で構築し、ランプ合流区間のみセグメントをD型に組立て、断面縮小する。ランプシールドがより本線に近づけるようにすることで、完成時に占有幅の縮小のみならず、ランプ合流部接合時の補助工法を最小限に留めることが可能な工法である（図-9）。

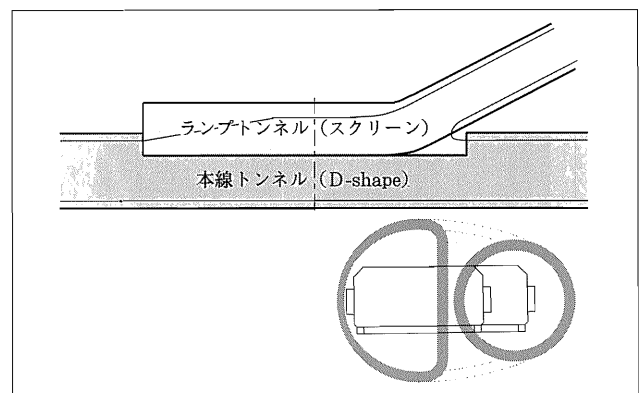


図-9 D-Shape シールド断面図

主な特長は以下のとおりである。

- ① 本線-ランプ合流部の合理的な施工が可能
- ② 隔壁取付け、D型セグメント組立ては、止水性を確保しながら行えるため、補助工法は不要
- ③ 隔壁取付け、取外しは、いつでも、どこでも可能
- ④ シールド機は通常型を基本に、小規模な改造で

済むため、シールド機のコストアップは最小限ですむ

- ⑤ 仕様や用途に応じて、縮幅の量、片側縮幅、両側縮幅、また上下のいずれも可能
- ⑥ 基本型のシールド機は円形に限らないので、どのような形状のシールド機にも適用が可能
- ⑦ 土質に応じた掘削法（泥水、土圧式）の選択が可能

### （3）大断面地下空間非開削構築工法（太径曲線パイプルーフ工法）

本工法は、新設や既設トンネルなどの地下空間内部からまず覆工を貫通し、特殊な太径曲線掘進機を用いて大断面の地下空間用アーチ土留めとしての曲線パイプルーフを構築する工法である。さらに凍結工法で止水膜を形成することで、大断面の地下空間（本線-ランプ合流部）を非開削で構築することが可能な工法である（図-10）。

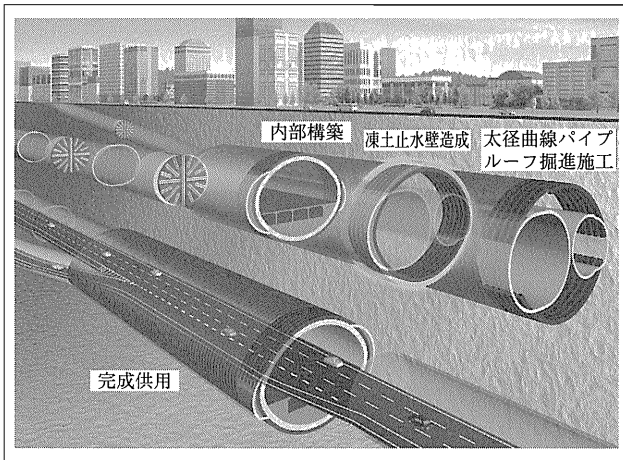


図-10 大断面太径曲線パイプルーフ施工によるイメージ図

主な特長は以下のとおりである。

- ① 太径曲線パイプルーフで土圧・水圧を支保し、凍土で完全止水することにより、非開削施工が可能。
- ② 太径曲線掘進機はカッター拡張機構を有し、リターン回収が可能で、円形断面あるいは矩形断面などの任意の断面の掘削が可能（図-11）。
- ③ 掘削方式として泥土式、泥水式の切替えが可能で、あらゆる地盤の掘削が可能。
- ④ 太径曲線パイプルーフ管は円形あるいは矩形の鋼管を用い、任意の半径、断面寸法に対応でき、かつ曲線半径も自由に選定することが可能。
- ⑤ 太径曲線管の間の地盤凍結は、鋼管内に配置した凍結管で確実に所定の厚さの凍土の造成が可能

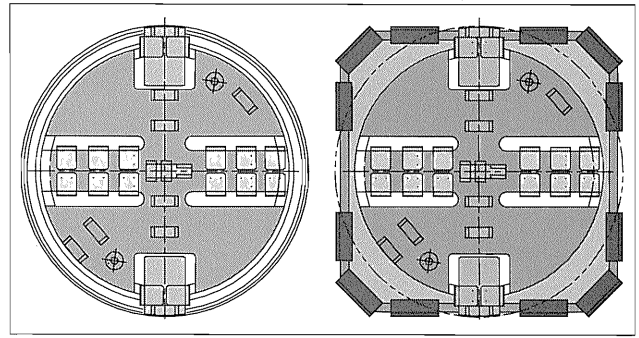


図-11 太径曲線掘進機正面図（円形/矩形断面）

- ⑥ 二次覆工と複合して本体利用も可能。

その他に、本工法には

- ・凍結などの地盤改良技術
- ・パイプルーフ貫通箇所の覆工補強構造
- ・パイプルーフと覆工間の固定構造
- ・パイプルーフ発進用スペース確保のためのトンネル部分拡張工法
- ・パイプルーフ+凍土で形成された土留め内部の掘削工法
- ・撤去すべき既設覆工と新設覆工の合理的な構造変化対処構造

などの工法や構造化も含まれる。

## 4. その他の合理的施工技術

### （1）合理的覆工技術（高剛性ボルトレス式合成セグメント）

ハイブリッド構造により高強度、高剛性を確保し、セグメント厚の低減が可能である。また、継手部のボルトボックスなどの充填が不要なボルトレスタイプとすることで、組立ての高速化（ワンパス組立て）も図れる。

その他に、

- ・先付けタイプの耐火被覆一体型セグメント
- ・後施工タイプの耐火パネル
- ・耐火吹付け工法

などによる耐火被覆構造、とすることで、二次覆工の省略を図ることも可能である。

### （2）合理的防災システム（水幕式火災防災システム）

本システムは水の幕（ウォータースクリーン）を用いて火災発生ゾーンを区画化して、熱や煙の拡散を抑制すると共に、有害浮遊粒子を捕捉・洗浄することで、避難・安全性を向上させることができるシステムである（図-12）。

また、冷却効果と延焼防止効果により構造物の被害

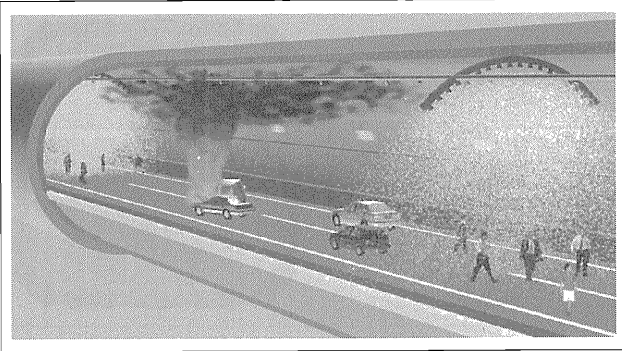


図-12 ウォータースクリーンイメージ図

を最小限に留めるものである。なお、実証実験によりその有効性を確認している。

## 5. あとがき

シールドトンネルの超長距離化、超大断面化、大深度化をキーワードに新技術の開発を進め、一つのシステムとして体系化できた。今後も引続き技術的課題に取り組む、改善を推し進めることで更なる新技術の発展に貢献できると確信している。

最後に、各開発にご指導、ご協力いただいた関係者の方々に対し、誌面をお借りして感謝を申し上げます。

JCMIA

### 【筆者紹介】

馬野 浩二（うまの こうじ）  
鹿島建設株式会社  
土木設計本部  
プロジェクト設計部  
設計主査



永森 邦博（ながもり くにひろ）  
鹿島建設株式会社  
機械部  
技術グループ  
グループリーダー



中川 雅由（なかがわ まさよし）  
鹿島建設株式会社  
土木設計本部  
プロジェクト設計部  
グループ長



# 建設機械図鑑

本書は、日本建設機械要覧のダイジェスト版として、写真・図版を主体に最近の建設機械をわかりやすく解説したものです。建設事業に携わる方々、建設施工法を学ばれる方々、そして建設事業に関心のある一般の方々のための参考書です。

A4判 102頁 オールカラー 本体価格 2,500円 送料 600円

## 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

# 1台で軟弱地盤から岩盤まで対応する 万能型シールドマシンの開発

—実験機による拡張面板荷重実験および FEM 計算結果の検証—

園村 俊一・中根 隆

従来、切羽の自立性に乏しく、地下水圧が作用するシールド工事や、ウォータータイトの TBM（トンネルボーリングマシン）工事におけるカッタビット等の交換方法は、中間立坑を築造して行うか、圧気や薬液注入による地盤改良、もしくは地下水位を低減させるような補助工法を用いて行うのが一般的である。

本報文でのべる万能型シールド工法とは泥水式シールドにおいて、上記のような補助工法を用いずに、軟弱地盤掘削用のティースビットから、岩盤掘削用のディスクカッタまで、地質の変化に応じて何時でも、何処でも、繰返しカッタビット交換を可能とする工法である。

**キーワード：**球体シールド，可動面板（拡張面板），ウォータータイトトンネル，カッタビット交換，大深度，高水圧，長距離掘進

## 1. はじめに

近年、環境問題等により地下水位に影響を与えず（ウォータータイト）に山岳トンネルを掘削することが要求されている。その対応工法として、切羽を密閉して掘削することが可能な岩盤シールド工法の適用が検討されている。この場合、地下水圧下におけるディスクカッタの交換方法が課題となる。

また、平成 13 年 4 月に「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」が施行され、用地等の問題で 30 年以上凍結されていた東京外郭環状道路の練馬区大泉 JCT～世田谷区東名 JCT 間、約 16 km が平成 15 年 1 月に国土交通省と東京都の間で大深度地下に建設することが合意された。

以上の背景のもと、大深度（高水圧）地下における長距離掘進技術の開発が急がれるところである。

従来のシールド工法は、カッタヘッドにティースビット等を装着し地盤を切削して掘進する工法で、都市部の未固結の軟弱地層から砂礫層で採用され、TBM 工法は、カッタヘッド面板にディスクカッタを装着し岩盤を圧砕して掘進する工法で、玉石を含む礫層や岩盤層で採用されている。

水圧の作用するところでのシールド工事や TBM 工事におけるカッタビット等の交換方法は、あらかじめ、トンネル計画線上に交換用の立坑を築造して行うか、圧気や薬液注入による地盤改良、もしくは地下水位を

低減させる等の補助工法を用いて行うのが一般的である。しかし、これらの方法は、時間を要し、費用も嵩み、また地下水枯渇等の環境問題が生じる等の課題がある。

これらの課題を解決するため、今般、高水圧下においても、トンネル側の大気圧下で安全にカッタビットの交換作業等が可能で、地質地盤に合わせたカッタビットを採用することにより、軟弱地盤から岩盤まで 1 台のマシンで掘削可能な「万能型シールド工法」(図-1)を開発した。本報文では、この「万能型シールド工法」のカッタビット交換機構を報告するとともに、当マシンにはカッタ面板にリンク支持方式の拡張面板を採用しているため、掘進時に十分なカッタ剛性を確保する必要があり、その剛性を確保するため実施した面板荷

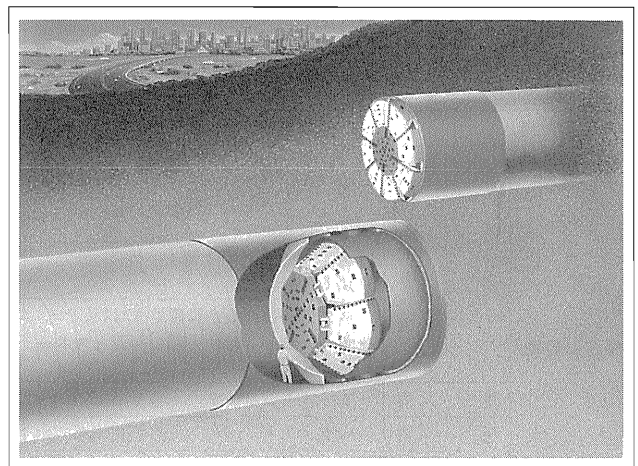


図-1 万能型シールド工法概念図



重実験および FEM 構造解析結果について報告する。

## 2. 開発の概要

### (1) システムの概要

万能型シールド工法の Cutter Bit 交換機構は、マシンフード部に球体機構を装備したもので、まずリンク支持式の面板を球体内部に縮小格納し、次に球体回転装置で 180 度回転させることにより、Cutter Head をトンネル内の大気圧側に回転すると共に、切羽側の水圧を遮断してビット交換や面板補修等の作業を行う機構である。この機構は、球体シールド工法の一つである「クルン工法」を応用したものであり、クルン工法の伸縮スポークの代わりに Cutter 面板にリンク支持方式の拡張面板を採用したものである。

万能型シールド工法は、Cutter 面板を採用することにより、岩盤掘削用のディスクカッターを装備することが可能となるため、軟弱地盤層から岩盤層まで掘削対象地盤に応じて最適なティースビットあるいは、ディスクカッターを選択することができる。即ち、自在に装脱着可能な構造であるため、Cutter ビットの摩耗による交換に対しても、また急激な地層の変化にも繰返し対応可能な工法である。

### (2) 万能型シールド工法の特長

万能型シールド工法の特長を以下にまとめる。

#### ① 地盤に合った Cutter ビットの選択が可能

球体シールド工法の採用で、軟弱地盤から岩盤まで地盤の変化に合わせた Cutter ビットを選択することができる。また、Cutter ビット交換が何時でも、何処でも、繰返し可能である。

#### ② 地下環境に優しい施工

Cutter ビット交換作業では、薬液注入等による地盤改良が不要であるため、地下水および土壌に対する影響がなく、また地下水位低減を併用しないため、枯渇等の問題も生じない。

#### ③ 作業の安全性と確実性が高い

Cutter ビット交換作業、または Cutter フェースの補修作業はトンネル側（大気圧下）から安全に確実にできる。

#### ④ 作業日数の大幅短縮

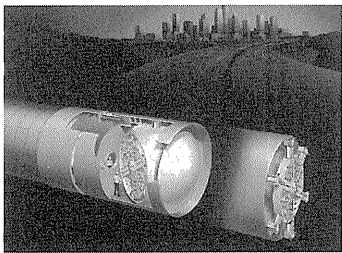
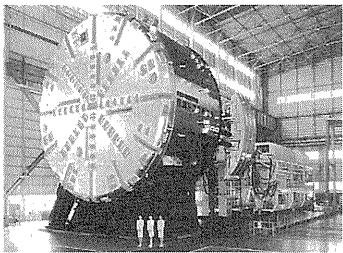
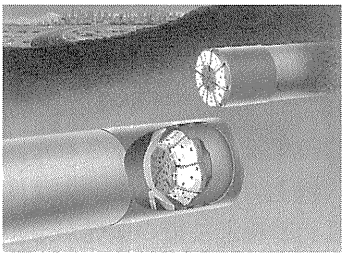
従来の Cutter ビット交換に必要であった地盤改良、

表-2 従来工法との比較（従来工法を 100% とした場合）

掘進距離		1 km	2 km	4 km	6 km
工事費	φ6.0 m	100.7%	96.8%	94.6%	98.5%
	φ12.0 m	101.7%	100.1%	93.6%	92.7%
Cutter 交換費	φ6.0 m	101.8%	87.7%	73.6%	80.8%
	φ12.0 m	103.5%	96.7%	72.2%	64.1%
掘削日数	φ6.0 m	71.6%	71.4%	71.4%	70.7%
	短縮月数	3.3 カ月	6.6 カ月	13.2 カ月	20.7
	φ12.0 m	60.2%	60.8%	60.5%	60.6%
	短縮月数	9.7 カ月	18.3 カ月	37.7 カ月	56.0 カ月

条件  
 ・岩種：砂岩・粘板岩互層、一軸圧縮強度：100 MPa  
 ・Cutter 径：17 インチ  
 ・Cutter 交換回数  
 ① φ6.0 m：209 m/回、② φ12.0 m：111 m/回

表-1 トンネル掘進機比較表

検討項目	クルンシールド機（伸縮スポーク型）	TBM（オープン型）	万能型シールド機（拡張面板型）	
概念図				
適用地山	軟弱地盤および未固結地盤	中硬岩、硬岩	軟弱地盤から硬岩まであらゆる地盤	
ウォータータイト（水圧対応）	適用可能	適用不可	適用可能	
構造と特徴	Cutter	・ティースビット（切削タイプ） ・Cutter 伸縮機構はスポーク部のみで対応している。 ・外周部分は面板が設置できない。 ・Cutter ビットは中央部の面板とスポーク上に配置。	・ディスクカッター（圧砕タイプ） ・面板の拡張は不可。 ・面板全面にディスクカッターの取付けが可能。	・ティースビット（切削タイプ） ・ディスクカッター（圧砕タイプ） ・面板縮小機構はリンク方式により、拡張する機構。 ・外周部は外周リングで面板を固定する ・面板全面にディスクカッターの取付けが可能。
	推力	・シールドジャッキ	・スラストジャッキ	・シールドジャッキ
	反力	・セグメント	・メイングリッパ+地山	・セグメント
	排土方式	・土圧式（中央部に面板なし） ・泥水式（中央部に面板あり）	・ベルトコンベヤ方式	・泥水式

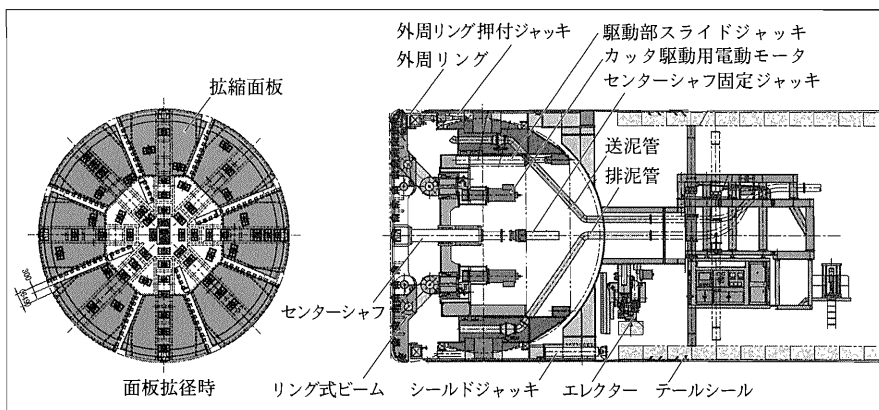


図-2 掘進時

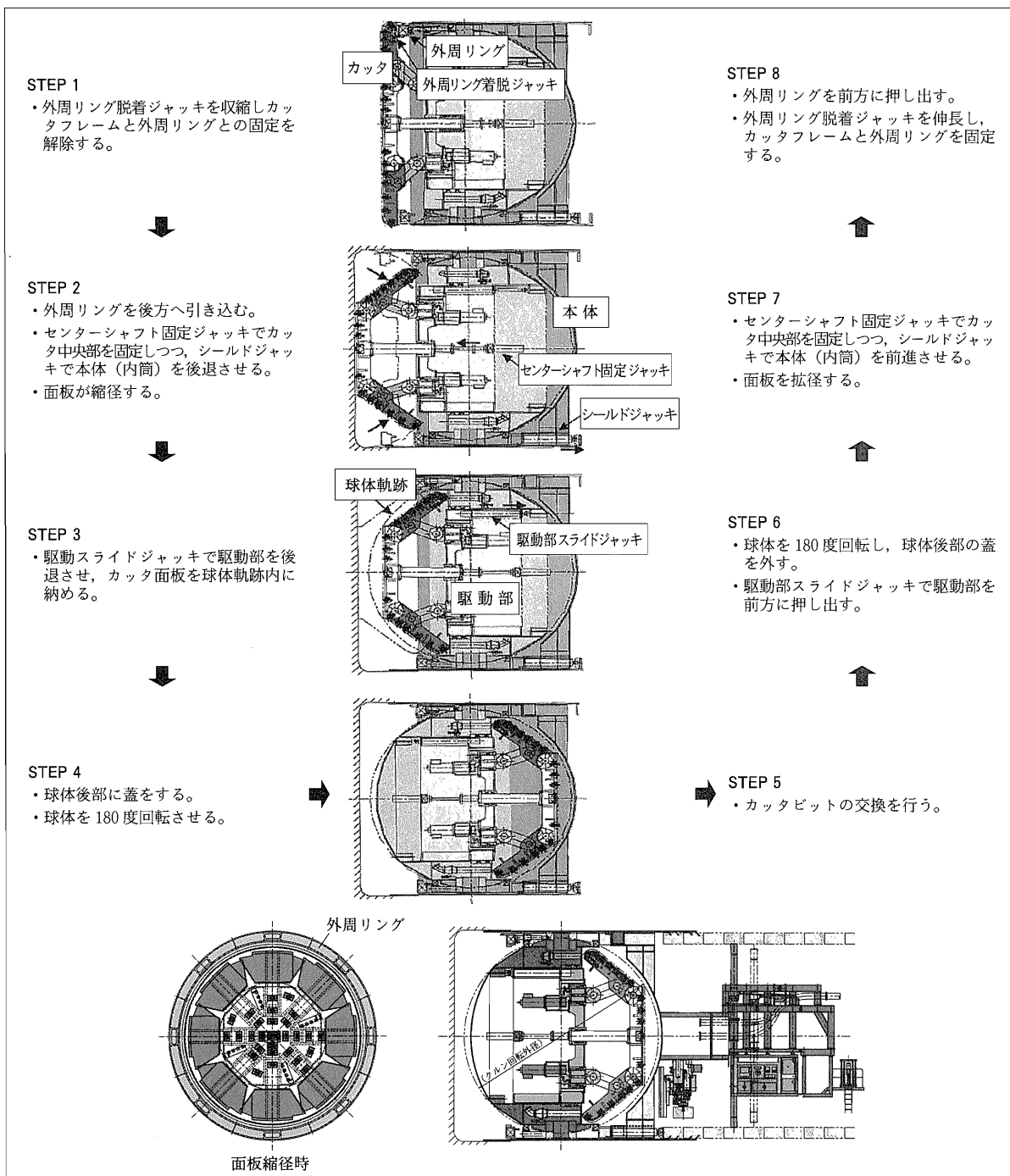


図-3 カッタビット交換時

あるいは立坑築造等補助工法が不要なため、地盤改良方式に比べ約30%程度の工期短縮となる。

⑤ 長距離掘進ほど経済的

当万能型シールド工法は、カッタビット交換のための立坑築造や地盤改良が不要なため、交換回数が増える長距離掘進ほど経済的な工法である。

表—1に、代表的なトンネル掘進機の比較表を示す。表より、万能型シールドは、シールドとTBMの利点を併せ持っていることがわかる。

表—2に従来工法（薬液注入工法）との比較を掘削延長毎に工事費、カッタ交換費、作業日数に関して、マシン掘削径φ6mとφ12mについて表す。

(3) カッタビット交換手順

図—2、図—3に、それぞれ万能型シールドの掘進時とカッタビット交換時の状態を示す。

3. 実験機によるカッタ面板荷重実験およびFEM計算結果の検証

(1) 実験概要および実験目的

岩盤用シールドにおいて、掘進中に地山反力によるカッタ面板の変位量分布が大きいと、カッタ面板に設置してある各々のディスクカッタに切込み量の差異を生じ、一部のディスクカッタに片あたりや偏摩耗等が発生するおそれがある。

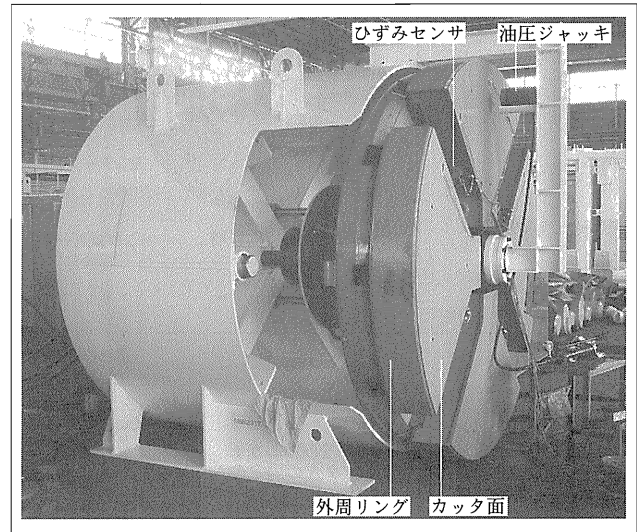
カッタ面板の変位量分布を小さくするためには、カッタ面板を厚板構造にするか、補強リブを設置するなどして十分な剛性を確保する必要がある。また、万能型シールドはカッタフレームにリンク支持式の拡張面版を採用していることで、掘進時にカッタ剛性を確保するためのカッタ面板補強構造を検討する必要がある。

通常、鋼構造物に荷重が加わった時の内部応力、変位量はFEMにより計算可能である。しかし、FEM計算は構造物のメッシュによる要素分割数、分割位置により計算結果が異なる。そこで、万能型シールド動作実証実験機に荷重を作用させ、ひずみセンサでひずみを実測した結果とFEM計算結果とを比較検討してそのFEM計算モデルが妥当かどうか検証した。その計算手法の検証に基づき、実機FEM計算モデルにおけるカッタ面板の応力、ひずみ量計算値を評価して、精度の高い実機面板設計に活用することを目的とする。

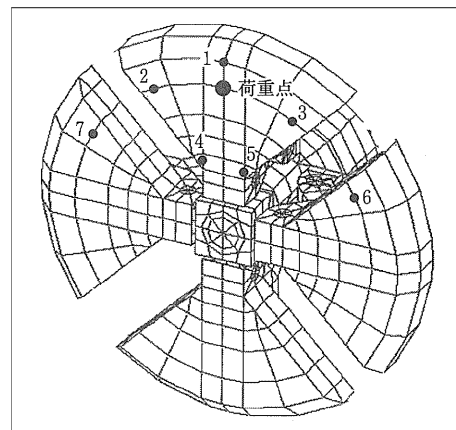
(2) 実験方法

図—4に示すように、実証実験機の面板1点にジャッキで集中荷重100kNを作用させ、図—5に示す面板

荷重測定ポイント位置（7点）に3軸ひずみセンサを貼付けて、ひずみ測定を行った。表—3に今回行った実験のケースを示す。



図—4 荷重実験機



図—5 カッタ面板ひずみセンサ取付け位置

表—3 荷重実験条件

Case	荷重値	荷重の作用点	外周リング有無
1	100 kN	面板外周の中央部	有り
2			無し

(3) 実験結果

各測定ポイントにおけるひずみセンサの実測値より(1)式に表すロゼット解析式により、各ポイントでの主応力(σ)を計算した。

$$\sigma = E/2(1-\nu^2) \left[ (1+\nu)(\epsilon_a + \epsilon_c) \pm (1-\nu) \left\{ 2(\epsilon_a - \epsilon_b)^2 + (\epsilon_b - \epsilon_c)^2 \right\}^{0.5} \right] \quad (1)$$

ただしσ：応力、E：縦弾性係数、ν：ポアソン比、  
 ε<sub>a</sub>：x方向変位量、ε<sub>b</sub>：y方向変位量、  
 ε<sub>c</sub>：z方向変位量

FEM計算から得られた等価応力分布図に、今回の実験で得られた各ポイントでの応力実測値を記入した結果を図—6、図—7に示す。図—6、図—7はそれぞ

れ、外周リング有りの場合と無しの場合である。図中の応力実測値の単位は  $10 \text{ N/mm}^2$  である。

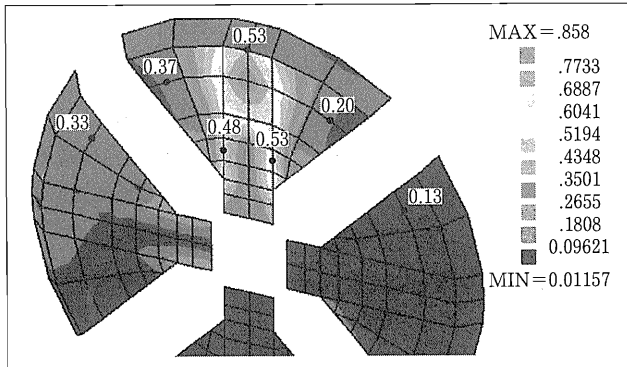


図-6 Case 1 等価応力分布図 (外周リング有り)

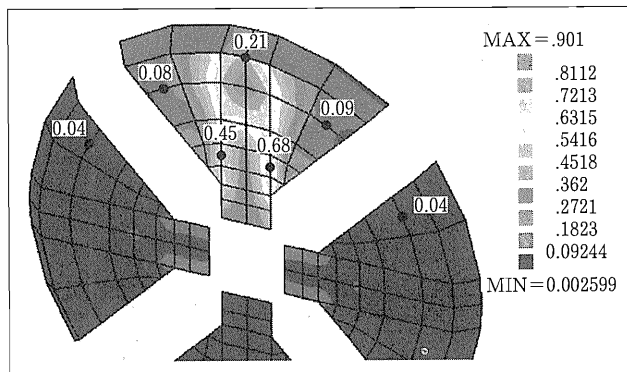


図-7 Case 2 等価応力分布図 (外周リング無し)

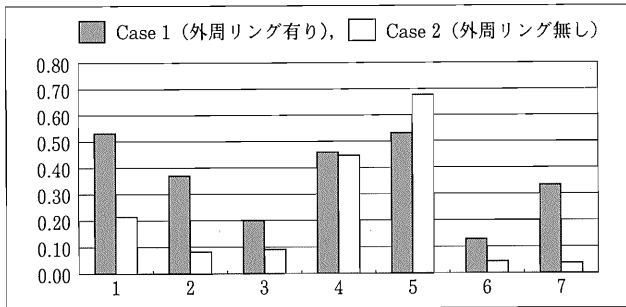


図-8 外周リング効果比較表

図-8 に図-6, 図-7 で示した各計測ポイントでの応力実測値をグラフ化したものを示す。外周リング有りの方が、応力最大値-最小値の差が小さいことがわかる。

#### (4) 実験考察

##### (a) FEM 計算モデルと実測値について

図-6, 図-7 を比較しても、外周リング有無の違いによる等価応力分布図差はほとんどない。しかし、図中に示した実測値では、図-8 に示すように、カッタ面板左右部分 (計測ポイント 2, 3) で 2~5 倍程度の値となっている。外周リング無し (Case 2) においては実測値と等価応力図が非常に良い一致を示してい

ることから、今回のモデルでは外周リング有り (Case 1) の場合の力の伝わり方について、現象を十分に表していないと考えられる。

これは外周リング有りの場合の FEM 計算モデルにおいて、カッタ面板と後方の外周リングとは、脱着ジャッキ 1 点で固定されているという仮定であり、カッタ面板両端部分では両者は密着していない。しかし、実験機においては外周リングと扇形状のカッタ面板とが外周全面で十分に密着して、カッタ面板全体の剛性が増すことにより、荷重が面板両端部分に伝達され、応力分布領域が大きくなっていると考えられる。

以上のことにより、今回の FEM 計算モデルに対し、外周リングがカッタ面板の外周全面で密着しているモデルに修正する必要があると考えられる

##### (b) 外周リング効果について

図-8 に示すように、各ポイントにおける等価応力値は、Case 1 (外周リング有り) の方が Case 2 (外周リング無し) より、ばらつきが少なく、最大値は小さく、最小値は大きくなっている。

このことは、外周リングを設置することにより、カッタ面板の剛性が高まり、カッタ面板に負荷した荷重がカッタ面板全体に分散伝達されたものと考えられる。

## 4. おわりに

今回の荷重実験において、「万能型シールド」のカッタ面板の剛性を確保する目的で設置された「外周リング」の効果を確認することができた。また、カッタ面板剛性を検証する FEM 計算モデルの妥当性も確認することができた。ただし、外周リングと面板の密着性については、FEM 計算モデルを修正する必要がある。

今後は、今回の実験結果および FEM 計算モデルを活用し、リンク部を含めた信頼性の高い「万能型シールド」の面板を提供するものである。

JICMA

#### 【筆者紹介】



園村 俊一 (そのむら しゅんいち)  
大成建設株式会社  
技術センター  
土木技術開発部  
地下空間開発室  
次長



中根 隆 (なかね たかし)  
石川島播磨重工業株式会社  
鉄構事業部  
油機・シールド設計部  
油機・開発グループ  
課長

速報 short note nachricht

## 新潟県中越地震に関する 現地調査の概要

社団法人日本建設機械化協会調査団

### はじめに

近年、気候の年変動幅の拡大に伴う洪水等の頻発、大規模地震の発生確率の増大など大規模災害の発生が懸念されている。社団法人日本建設機械化協会では、このような状況を踏まえ、調査・設計から施工機械及び施工法まで建設事業全体を網羅する専門家から構成されるという協会の特性を活かし、被害の低減、より迅速な復旧工事の実施など災害対策により一層貢献していくことを目指して、状況が落ち着きを見せた今年の12月15日から17日にかけて、新潟県中越地震の被災地の一部の現地調査を行った。

新潟県中越地震は兵庫県南部地震や今後予想される太平洋沖を震源とする地震とは地域の自然条件、被災状況・規模も異なると予想されるが、事例からの教訓を一つ一つ着実にまとめ今後活かしていく必要があると考えている。短期間で調査としては十分なものではないが現地調査の結果を速報として会員の皆様にご報告することとする。

### 1. 新潟県中越地震の概要

新潟県中越地震は2004年10月23日17時56分に中越地方を震源として発生し、マグニチュード(M)は6.8、最大震度は川口町で7であった。K-NETによると、小千谷市での水平最大加速度はNS方向が1,147 gal、EW方向が1,308 gal、垂直方向の最大加速度は820 gal、卓越周期は水平、垂直それぞれ0.7秒、0.07秒、十日町ではNS方向で1,716 gal、卓越周期は水平、垂直それぞれ0.25秒、0.1秒となっている。

震源からの距離は長岡市が20 km 弱、後述の妙見堰が10 km 弱、天納地区や和南津トンネルが数 km

となっている。

余震は2004年12月28日現在で最大震度1以上で延べ877回発生し、このうち10月23日18時11分発生地震はM6.0、最大震度6強、18時34分発生地震はM6.5、最大震度6強と大きかった。

地震による被害は、2004年12月28日現在で死者40人、重軽傷者4,554人、建物全半壊137,794棟、地震直後の道路交通止箇所241箇所、河川被害箇所610箇所、土砂災害箇所267箇所、下水道被害3,485箇所となっている。

### 2. 調査概要

主な調査項目は、

- ① 河川被害と復旧状況
- ② 道路被害と復旧状況
- ③ 土砂災害
- ④ 消融雪施設被害と復旧状況
- ⑤ 建設機械活動

である。

調査団のメンバーは、建設部会・館岡委員、製造業部会・山口委員、東北支部・中森企画委員長と雪氷部会・金子委員、施工技術総合研究所の谷倉次長と上石研究課長、本部の小河部長と近藤の総勢8人で、団長は近藤が勤めた。

主な調査箇所は、

- ① 長岡市内仮設住宅
- ② 堀之内インター
- ③ 和南津トンネル
- ④ 新幹線魚の川橋梁・国道和南津橋
- ⑤ 川口町天納
- ⑥ 山本調整池・新山本調整池
- ⑦ 川口町消雪パイプ
- ⑧ 妙見町大規模崩落
- ⑨ 小千谷大橋
- ⑩ 妙見堰
- ⑪ 山古志村役場周辺
- ⑫ 山古志村寺野地区

である。

### 3. 調査結果

調査結果は、調査団が実際に体験したこと、北陸地方整備局、長岡技術科学大学、新潟県融雪技術協会の方々へのヒアリング結果、過去の調査結果等をもとに、北陸支部を除く参加者6人が分担して取りまとめた。

以下にその概要を調査項目毎に示す。

### (1) 河川被害と復旧状況(ダム・堤防・堰)

堤防は地盤の沈下や液状化により、天端の亀裂、沈下、法肩の陥没等の被害を受けている。幸い地盤は砂利層が主体であるため、大規模液状化は発生せず堤防が崩壊するような被害は僅かであったようである。

応急復旧として、亀裂に石灰等を充填しシートで覆う応急復旧や崩壊部を掘削・除去した後埋戻しを行い、シートで覆う方法、あるいは被害が軽微な箇所ではシートで覆うだけの措置等が施されていた(グラビヤ写真-1~3)。

JR 小千谷発電所の調整池や妙見堰と言う大型の重要構造物についても、天端の亀裂や堰柱の損傷などの被害があり、それぞれ調査委員会がつくられ、原因究明や対策方法について検討が行われている。なお、被害は、甚大なものではないと報告されている(グラビヤ写真-4~9)。

また、損傷を受けた妙見堰管理所屋上に設けられた鉄塔の取外し作業においては100tクレーンと合わせ超大型の650tクレーンが用いられたと報告されている<sup>5)</sup>。

なお、小千谷市内では下水道の埋設管埋戻し部の沈下、マンホールの浮上がりなど、激しい揺れに伴う部分的な液状化の影響が見られた。

### (2) 道路被害と復旧状況(道路、橋梁、トンネル)

関越自動車道をはじめとする道路では、コンクリート構造物と土構造物間の不等沈下による段差がいたるところで生じており、補修のためアスファルトが盛付けられていた。また、盛土部では地盤の隆起・沈下に伴う変形や盛土自体の変形により道路が波打っているところが多く見られた。今後、本格復旧をどうするか、将来の地震に備え、どこをどう補強するかが問題となるものと推察される(グラビヤ写真-10, 11)。

橋梁やトンネルについては、震源に近い旧堀之内、旧川口町付近に被害が集中しているようで、橋梁については、橋脚の損傷、壁高欄や桁端部の圧壊、支承、伸縮装置の損傷、取付け盛土の沈下等が生じていた。また、トンネルでは覆工の亀裂・はらみ・剥落、インバート部の隆起等が報告されている。橋脚については多くが阪神・淡路大震災以降の一般的な方法と考えられる樹脂注入、吹付けモルタルや打込みコンクリートによる断面修復、炭素繊維で外巻きする等の方法で補修されていた。新幹線の橋脚については、補強工事が済んでいた箇所においてはほとんど被害がなかったと

報告されている。

トンネルについては、国道17号の和南津トンネルでは、亀裂は注入処理、剝離部ははつり、鉄骨枠で保護して片側であるが交通を確保しながら通常の工事のようにH鋼建込み、セントルを用いた内巻覆工の施工と言う工法が用いられていた。一部では高流動コンクリートも用いられたとのことである(グラビヤ写真-12~17)。

### (3) 土砂災害(斜面崩壊)

芋川では、数箇所において大規模な地滑りのため、川が堰き止められ滞水の排水が求められた。このうちの一つである上流の寺野地区については、現地調査の時点では、地滑り土塊の河道閉塞部は整形され、遮水シートと鉄板で補強された開水路方式の排水路の設置と2本の合成樹脂製の排水管の埋設工事も終了し、排水用ポンプの撤去と工事の撤収作業が行われていた。

東竹沢地区については、残念ながら現地には行けなかった。同地区では、当初現地に通ずる道路が各所で寸断されたため、復旧作業に必要な人員、資機材の陸送による搬入は困難とされ、組立て用ミニクレーン、同クローラクレーン、作業用油圧ショベル、ポンプ、発動発電機、燃料など初期の資機材は自衛隊(実質最大吊下げ重量6t)のヘリコプターで空輸された。

当協会で作成した陸送用の分解輸送マニュアルはあったが、空輸用のマニュアルも費用の見積もり資料もなく、経験者もいなかったと考えられる。さらに、地滑り直後にその土塊の形状を迅速に知らなければならないこと、資機材を空輸しなければならないこと、高揚程・高吐出量のポンプは極めて希少なポンプであること、ホースにより泥水を長距離排水した事例もこれまではなかったこと等々、復旧工事には未経験のことが多かったと考えられる。

このため、今後はこのような教訓を踏まえ一連の作業がより迅速に行えるよう希少機器や空輸用資料、復旧工法、費用算定資料等々のデータ整備等を進めていくことが必要と考えられる(グラビヤ写真-18, 19)。

また、長岡市南東部の濁沢から山古志村にかけて多くの地滑りが発生したが、地滑りの形態は急斜面、緩斜面の表面滑り、円弧滑りと様々であり、通常の大雨に伴う地滑りと発生メカニズムが異なる可能性が指摘されている。今後、地滑り発生メカニズムの解明が期待されると共にそれに基づいた対応策の検討が望まれる。

なお、JR 上越線と国道17号線が被害を受けた川口町天納地区の斜面崩壊箇所では、迂回路で交通を確

保しつつ、補強土工法により復旧工事が進められていた(グラビヤ写真—20~21)。

#### (4) 消融雪施設被害と復旧状況

震源に近い旧堀之内町、旧川口町の魚野川沿い、小千谷市の旧川口町寄りの地域などで補修が必要な被害を受けていると思われる。被害は消雪用パイプの被害、消雪用水を汲上げるポンプの被害があり、ポンプについてはフランジ部やバルブの被害が見られたそうである。パイプについては地盤の不等沈下や水平方向のずれにより切断される等の直接的被害を受けたケースや、路面全体が沈下したため、道路機能の回復のための地震後の応急復旧工事でアスファルトにより埋設されてしまったケースなどがあつたと報告されている。

復旧方法として、空隙へのアスファルト充填、切断箇所へのフレキシブルジョイントの挿入、消雪パイプのコア抜き、嵩上げ、応急的な対策として仮設本管を路肩に設置し既存パイプや仮設ホースに接続する方法等がとられていた。

また、路肩にサニーホースを巻いておき、必要時に解いて散水する方法も仮設的対応として取られていた。今後は、地震への備えとして可撓性の付与による地盤変形への追従性の確保や路面勾配に依らない噴射式システムの検討、プレキャスト化などが必要と考えられる(グラビヤ写真—22~26)。

#### (5) 建設機械活動

##### (a) 無人化施工

新潟県中越地震は大規模な液状化は生じなかったが、元来地滑り地帯でありまた揺れも大きかったことから地滑りや盛土の沈下現象が多く見られた。特に妙見町の地滑り箇所での救出作業においては、作業の安全性確保のため無人化施工が注目され一定の成果を上げた。また、孤立した山古志村へ通じる道路や大規模地滑りで堰き止められた芋川の復旧工事においても実行はされなかったが無人化施工の検討が行われた。

元来無人化施工は雲仙普賢岳の噴火災害の復旧工事において本格的に採用されたもので、スリットダムの設置など複雑な作業を無人化した例もあるが、一般には舗装や大規模土工等の比較的単純な作業が多く、かつ事前に十分な検討を行い実施されている。

しかし、今回の事例はこれまでの事例を超えた繊細で複雑な作業であり、かつ緊急に、油圧ショベルという同一機種を3台同時使用するこれまでにない状況であったと考えられる。繊細な作業には、様々な場所からの迅速で良質な画像情報、オペレータの技量、それ

を可能にする操作臨場感(操作時の地面等からの抵抗等々)等々、一層の高度化が必要になるものと思われる。また、機械の緊急確保、機器同士の干渉などを防ぐための事前の環境整備も必要であると考えられる(グラビヤ写真—27~31)。

##### (b) その他

調査時点で調査団が行くことの出来た災害現場で使用されていた機械は、バックホウ、油圧ブレーカ、湿地ブルドーザ、不整地運搬車等の一般的な機械で、リースの機械が多かったようである。なお、仮設住宅周辺の除雪について当協会北陸支部が窓口となり、幾つかの建設機械メーカーよりホイールローダ9台が無償で貸し出されることとなり、現在、除雪作業にあたっている(グラビヤ写真—32~33)。

#### おわりに

本調査に当たっては、国土交通省北陸地方整備局、長岡国道事務所、長岡技術科学大学、新潟県融雪技術協会、無人化施工の実施に関わった各会社、本協会北陸支部にご協力頂くとともに貴重な情報ご意見を頂きました。誌面をお借りして厚くお礼申し上げますとともに迅速な復旧に努力された国土交通省、復旧工事関係各会社に敬意を表します。

最後に中越地震で被害に遭われた方に心からお見舞い申し上げますとともに一刻も早く復旧し、元の生活に戻られますよう、心からお祈り申し上げます。

JCM A

#### 《参考文献》

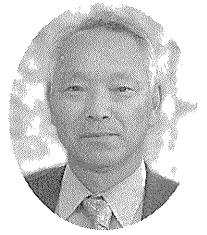
- 1) 記者発表資料(平成16年10月26日)、北陸地方整備局信濃川河川事務所、平成16年「新潟県中越地震」被害堤防の緊急復旧状況、長岡市三俣野地先堤防の緊急復旧工事完了(<http://www.hrr.mlit.go.jp/press/2004/10/1026shinano1.pdf>)
- 2) 安田成夫・佐々木隆・松本徳久:平成16年度(2004)新潟県中越地震ダム調査速報、ダム技術、No.219, 2004.12
- 3) 新潟県中越地震調査団第2報(10.25)、新潟大学 大川秀雄・保坂吉則(<http://www.jiban.or.jp/saigai/niigata/niigata-u2.html>)
- 4) 新潟県中越地震災害調査報告、土木学会関東支部第1次調査隊(土木学会第2次調査隊)一委員として、防衛大学校建設環境工学科(<http://www.fps.chuo-u.ac.jp/~hrsk/files/katsukil.pdf>)
- 5) 記者発表資料(平成16年11月1日9時00分)国土交通省信濃川河川事務所妙見堰管理支所の通信用鉄塔の撤去について(<http://www.hrr.mlit.go.jp/press/2004/11/1101shinano.pdf>)
- 6) K-NET(独立行政法人防災科学技術研究所)2004年10月23日、新潟県中越地震調査報告(速報)(<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/k-net/>)
- 7) パシフィックコンサルタンツ(株)山本一敏・佐藤成・(株)土質リサーチ・大里重人(<http://www12.ocn.ne.jp/~shiosato/mniigataeq/kasokudo.htm>)

(文責 社団法人日本建設機械化協会常務理事・近藤 悟)

## ずいそう

## 高嶺の花を求めて

丹野光正



「高嶺の花」との出合いは簡単では無かった。父の死後、母の故郷に移り住み、ようやく庄内弁にもなじんで新しい故郷の原風景ともなっていたのは、平野を守る背の高い見事な黒松の防風林であり、西裾を日本海に洗わせ、東に出羽丘陵を従え平野の北に悠然と孤高を誇る出羽富士・鳥海山であった。

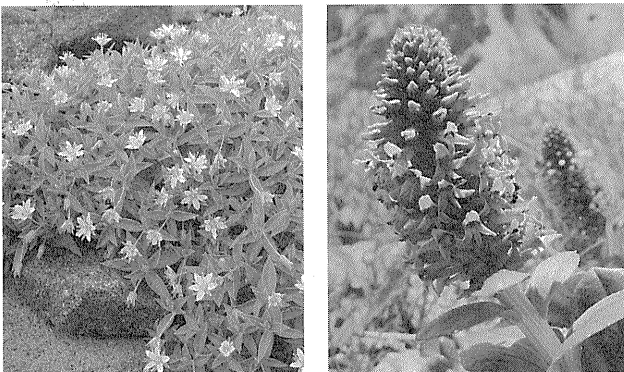
「高嶺の花」との出合いは、昭和25(1950)年、中学1年の夏休みに学校恒例の鳥海山登山があって、配られたガリ版刷りの資料に、この山の特産種として「チョウカイフスマ」という花も載っていた。

煙にむせる始発の汽車に乗り、秋田との県境に近い海沿いの吹浦駅で降り、大物忌神社に詣でて朝食を済ませると、標高差約2,200m余もの山頂目指して登山始めた。当時の登山はリクレーションではなく神聖な参拝であり、菅笠に草鞋、雨具は蓑の二つ折りに金剛杖という装束、握り飯と水筒、三食分の米持参であった。

六合目あたりから視界ゼロに近い濃いガスに雨も交じり、氷雪や強風など過酷な環境の中で個性的な花を華麗に競う高山植物を楽しむ余裕もなく、ただ濡れた岩の道を登山続け、じつとりと全身が濡れたみすばらしい有様で山頂直下にある神社の宿舎に着いたのはもう夕方であった。

翌日も濃霧と強風のため、御来光を拝むどころか山頂にも登れず、滑る足許を気にしながら山麓の南鳥海駅までの長い道をひたすら歩いて帰ったのである。翌年の登山も天候に恵まれず、この山にしかないという「チョウカイフスマ」を見る余裕もなかった。

その後就職し、同僚達といろんな山に登るにつけこ



チョウカイフスマ(鳥海山)(左)とウルップ草(白馬岳)(右)

の花は、高山植物の図鑑を見ては思う「久遠の花—高嶺の花」となっていた。

いつしか16年もの歳月が流れた。親馬鹿丸出しで我が子の安産祈願を鳥海山頂の大物忌神社でと決め、仙台から50ccのバイクで出掛けて登山参拝を済まし、遂に「高嶺の花」に会うことができたのである。

2cmにも満たないナデシコ科のこの花は、真っ白い先鋭の五弁花で、霧露に濡れ岩礫の間に展開する様は将に「高嶺の星」であった。

鳥海山の見えるところが良いと晩年まで酒田で過ごした母も、一昨年春に米寿で逝った。昨年のお盆、お骨の一部をこの山のお花畑に散灰するために登山、山頂の神社に詣でて、心地よい快晴の外輪山で「高嶺の花」と久しぶりに会うことができた。

50年余の歳月が流れていた。

今では、道路が整備され観光開発が進み、誰もがたやすく高山に登り、あるいはTV等の映像を通して高山植物を目にすることができる。深田久弥著「日本百名山」や田中澄江著「花の百名山」に続き、昨年には各県の代表的な山を入れて組替えた宮崎元郎の「新日本百名山」が発表された。健康指向あるいは少年時代への回帰なのか中高年のグループ登山が増えている。私はマイペースで登山休み、目指す高山植物を好きなだけ写真に撮る独登を選んでいる。

昨夏、槍ヶ岳は濃霧だったが、白馬岳では丸い照り葉にヒヤシンスに似た青い花を立てるウルップ草に会えた。早池峰山ではエーデルワイスに最も近いという白いフェルトのハヤチネウスユキ草や菜の花に似た黄色いナンブイヌナズナに会ってきた。一昨年は飯豊山の稜線で青く鮮やかなタカネマツムシ草を、大朝日岳の雪渓傍で日の出の冷気に震えながら真っ白い花を紅色に染めていたヒナザクラなど…。「高嶺の花」を求め背に重いリュック、首にカメラを友に独登は続く。

昨秋来、家内が体調を崩してしまった。

登山は4K(K:お金, K:休暇, K:気象, K:健康)のバランスが必要なのだが、KK(家内・家族の健康)も重要である。今年の遠征登山は…無理かな?



## 遺跡の復元設計に携わって

岡 嶋 直 子



現在、私は土木コンサルタント業務に従事しています。これまでに携わった業務のなかで、先人の知恵に学んだ設計のひとつに洪水で埋没した「石井樋」の復元設計があります。

資料収集を行っていく過程で「水に逆らわず、水を自然に流す」水利システムの機能美と歴史が有する奥深さを感じることができました。

石井樋とは、今から400年程前の江戸時代に、成富兵庫茂安公が佐賀県の嘉瀬川に築造した現存する日本最古の取水施設です。

この施設は当時、頻繁に断水と干ばつに襲われていた佐賀城下の水道水や佐賀平野の農業用水の確保を目的として築造されました。

本来、石井樋とは石で造られた井樋を指しますが、現在では、象の鼻、天狗の鼻など兵庫公が築造した施設全体を含めて、石井樋と呼ばれています。

復元設計の際、現物は石積みの破損がひどく、遺跡のほとんどが土砂で埋まり、竹林が繁茂していました。

発掘調査の結果、石井樋には名前の通り、石積みによって構築された様々な遺跡が出土しました。なかでも、「天狗の鼻」と呼ばれる石積みは延長37m以上、幅4~14m以上、高さ2mを超す規模でした。

現在のように、建設機械もない時代に、石積みはひとつひとつ職人の手によって築き上げられたのであります。

遺跡の文化的価値は歴史が有する美と希少性にあるように思います。

中国の兵馬俑が、後世の技術にゆだねるとして、発掘が取りやめられた事例からもうかがえるように、復元するからには、遺跡を忠実に再現することが最も重要であることを認識しました。

従って、壊れた護岸の石積みの復元にしても、古の工法どおり、空石積みとし、なるべくコンクリート等を用いずに復元することを前提としました。

水理条件などから、見えない部分は、コンクリートで補強せざるを得ない箇所もありましたが、見えないところでも現代の技術を用いないところに兵庫公が残した歴史的遺跡を後世に伝えることになるのではないのでしょうか。

さらに、石井樋のすばらしさは、自然の力を利用した水理性と造形美があることです。象の鼻、天狗の鼻といった言葉の魅力も含めて、水流を緩やかにして、土砂を沈降させる構造は、現在のメンテナンスを要する沈砂池に勝る機能があるかもしれません。

もちろん、機械力を用いた技術と比べると仕事量やスピード面においては、格段の差があることは確かです。

しかし、どのような大規模な構造物についても機能美や造形美だけでなく、石井樋が有しているような時間の経過とともに味わいが増すような構造物の設計を今後行っていきたいと思います。

—おかじま なおこ 西鉄シー・イー・コンサルタント株式会社  
設計一部—



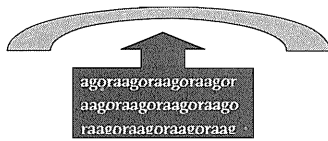
図一 石井樋の全景



写真一 石井樋の発掘状況



写真二 天狗の鼻の発掘状況



# 九州新幹線「つばめ」 800系車両の概要

岩崎 充雄

800系新幹線電車「つばめ」は、東海道、山陽新幹線を営業運転している700系新幹線をベースとして、九州新幹線部分開業に向けて、製作された。製作においては、九州新幹線特有の最大勾配30%や、新しいデザインが取り入れられている。また、部分開業後は、博多鹿児島間が、1時間30分短縮され、利便性が向上した。

今後全線開業により、さらに九州内南北輸送体系が整備される事が期待される。

キーワード：九州新幹線、部分開業、最大勾配、環境対策

## 1. 800系新幹線電車のコンセプト

800系新幹線電車「つばめ」は、九州新幹線の部分開業(図一)に向けて、製作されました(最高時速260km/h)。ベース車両は、東海道・山陽新幹線700系をベースとしていますが、下記の条件を考慮しております。

- ① 部分開業時(新八代～鹿児島中央間127km)は、70%がトンネル区間であるため、トンネル

内での車内環境(乗り心地、車内騒音)の改善を行う。

- ② 最大勾配35%をはじめとした連続勾配区間を有するため、これに対応する力行・ブレーキ性能を確保する。
- ③ 新商品としての価値を高めるため、環境対策を考慮したうえで、新しい先頭形状とする。

## 2. 車両概要

### (1) 編成(図二)

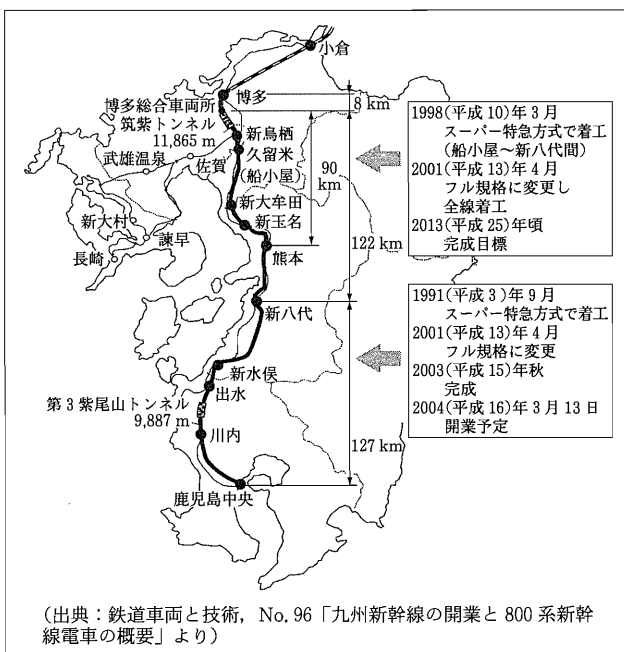
編成は、6両編成で九州新幹線特有の急勾配区間に対応するために、全車両を電動車としています。編成定員は392名で全車モノクラスとしており、シートレイアウトは、従来の2人がけ座席と3人がけ座席が並び、2+3シートに対して、指定席、自由席共に、2+2シートとし、ゆったりとした座席を提供しています。

トイレについては、編成で3箇所設けられていますが、1号車と、5号車を車椅子対応とし、隣接する電話室に関しても、車椅子対応としております。

### (2) エクステリアデザイン(写真一)

車両の外観は、白いボディにコーポレートカラーの赤いラインが走る、九州新幹線用に設計された、新しい先頭形状が採用され、特にヘッドライトの配置が、印象的なデザインとなっています。

また、車外の標記に、初代「燕」に使用された、ヘッドマークをリデザインされており、各部にこだわりの



図一 九州新幹線路線図

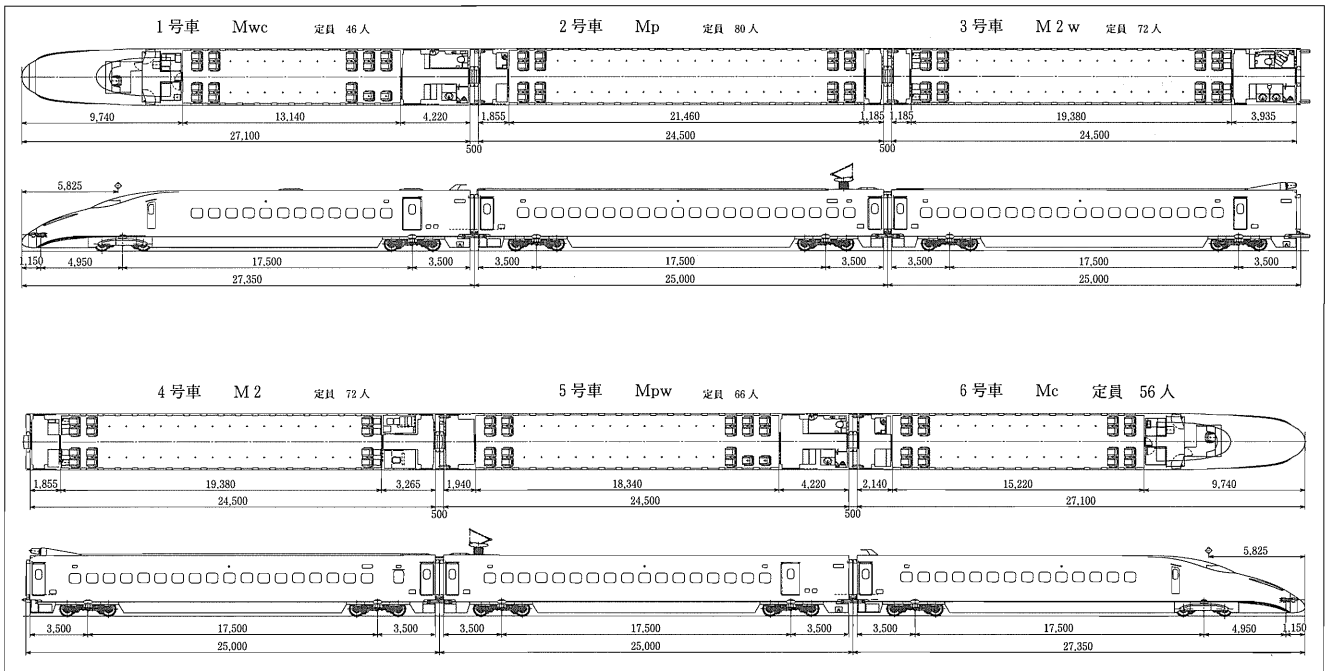


図-2 800系新幹線編成図

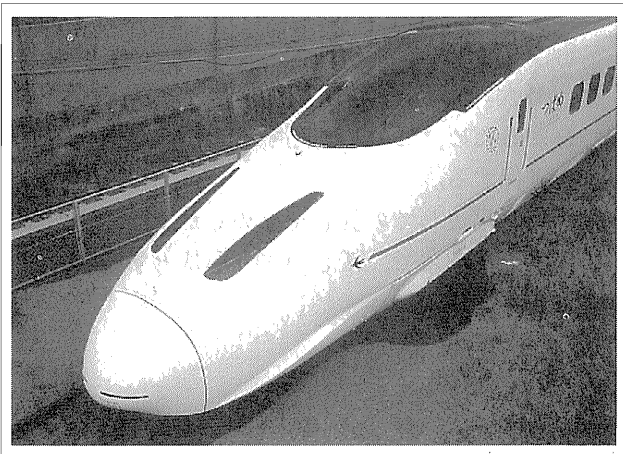


写真-1 九州新幹線「つばめ」のエクステリアデザイン。流れるようなロングノーズ、純白ボディに赤と金のストライプ、黒と漆色のスワロールドーフの外観で九州の顔をめざす。

あるデザインが施されています。

(3) インテリアデザイン (写真-2)

客室内には、自然素材としての木を各部に採用し、くつろぎの空間を創出することを目標としています。特にシートに関しては、軽量化も両立するためプライウッドを背ずり、ひじ掛け、テーブルに採用されています。

(4) 車体構造

車体は、軽量化、強度確保とリサイクル性を考慮し、700系と同様にアルミダブルスキン構体を採用し、トンネル内における、車内騒音低減のため、内部に制振



写真-2 白を基調にしたインテリアデザイン。車内に木製の2列のシートが配置されている。布地は西陣織、日本の伝統色である「緑青」「瑠璃」「古代漆」色を組合せている。背もたれの木の色は「楠色」「桜色」「柿渋色」と表情がある。(http://www.jrkyushu.co.jp/)

材を充填しています。

客室の床構造についても、車内騒音低減のため、静音床を広範囲に採用しています。

(5) その他

保安装置、台車、主回路システム、ブレーキシステム等の主要諸元について、表-1に纏めております。基本的には、東海道、山陽新幹線の700系新幹線電車と同一仕様としており、700系の高信頼性が、反映できるように設計されています。

3. おわりに

九州新幹線は、2004年3月13日に営業を開始し、その後順調な運用を続けております。

表-1 主要諸元

号車(略号)	1号車(Mwc)	2号車(Mp)	3号車(M2w)	4号車(M2)	5号車(Mpw)	6号車(Mc)
編成定員(人)	392					
号車定員(人)	46	80	72	72	66	56
電気方式	交流 25,000 V, 60 Hz					
最高運転速度	260 km/h					
起動加速度	2.5 km/h/s					
車体	アルミニウム合金製					
車体長さ(mm)	27,350	25,000				27,350
車体幅(mm)	3,380					
屋根高さ(mm)	3,650					
腰掛	2×2シート 自動回転装置付き					
車内設備	大型洋式トイレ +小便所	電話室	洋式+和式トイレ +小便所	自動販売機	大型洋式トイレ +小便所	
台車方式	軸ハリ式ボルスタレス台車(セミアクティブダンパ付き)					
主回路システム	VVVF制御による誘導電動機駆動					
パンタグラフ	シングルアームパンタグラフ(碍子カバーレス), 2号車, 5号車に搭載					
主電動機	三相かご形誘導電動機 連続定格出力 275 kW					
補助電源装置	静止形変換装置, インバータ装置					
ブレーキシステム	回生ブレーキ併用電気指令式空気ブレーキ+抑速ブレーキ					
空気圧縮機	回転式 渦巻式 1段圧縮					
空調装置	インバータ制御(冷房)+電気ヒータ方式(暖房)					

また、今回の開業により、博多～鹿児島中央間の所用時間は、開業前の3時間40分台から、2時間10分台へと、約1時間30分の短縮がなされ、従来に比べ利便性が向上されています。

また、今後予定されている、博多～鹿児島間の全線開業により、博多～鹿児島中央間は、1時間20分台となり、九州内南北輸送体系が、新時代を迎える事になると考えております。

JCM A

《文 献》

1) 日立評論, 2005年1月号

【筆者紹介】

岩崎 充雄(いわさき みつお)

株式会社日立製作所

電機グループ

交通システム事業部笠戸交通システム本部

車両システム設計部

## 大深度地下空間を拓く 建設機械と施工技術

最近の大深度空間施工技術について取りまとめました。  
主な内容は鉛直掘削工, 単円水平掘削工, 複心円水平掘削工, 曲線掘削工等の実施例を解説, 分類, 整理したものです。  
工事の調査, 計画, 施工管理にご利用ください。

定価 2,310円(本体2,200円) 送料500円

### 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

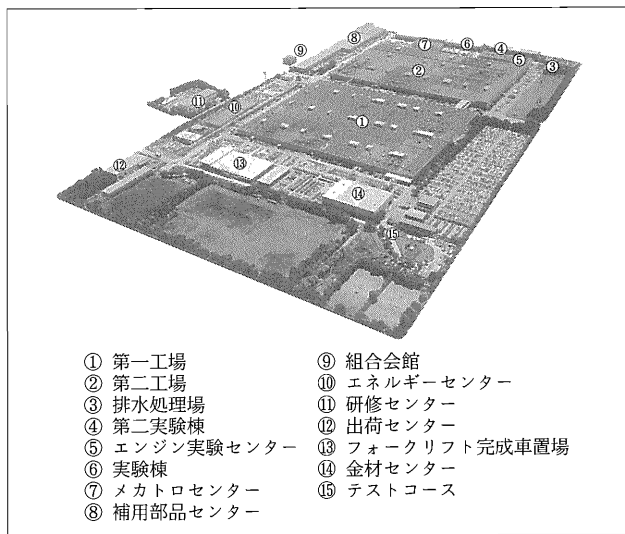
JCMA 報告

三菱重工業  
汎用機・特車事業本部  
(相模原工場)  
見学会報告

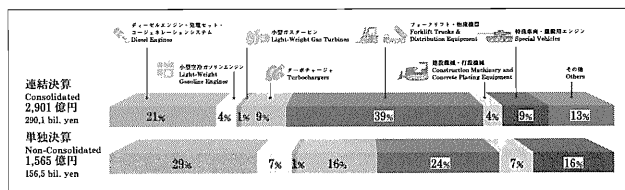
機械部会・建築生産機械技術委員会

1. はじめに

機械部会・建築生産機械技術委員会では、活動の一環として平成 16 年 10 月 14 日(木)三菱重工業株式会社汎用機・特車事業本部(相模原工場)の工場見学会を開催した。同工場は三菱ディーゼルエンジンの主要工場ということで、当委員会は、今後の建設機械に対する排ガス規制について、その開発・製作現場を見学することにより、一層の



図一 工場全容



図二 生産高比率/棒グラフ

技術的な見聞が深まるとの委員の強い希望から、今回、次期ディーゼルエンジンの開発・製造で多忙とされている中、当委員会の要望を承けて頂き、実現したものである。

2. 事業本部の概要

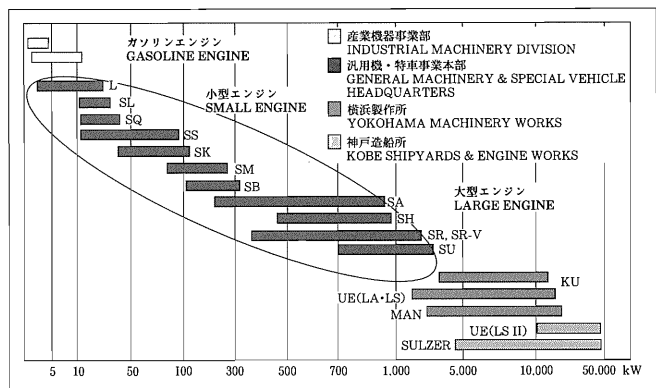
汎用機・特車事業本部は、エンジン、ターボ、産業車両、特殊車両で構成され、その内、相模原工場は、フォークリフト、建設機械、ディーゼルエンジンと関連製品を主に開発・製造している。相模原工場は、昭和 45 年、環境の良い神奈川県相模原市に工場を作り、東京の丸子と大井町から全面移転し、昭和 48 年に完了した。また、隣には、新キャタピラー三菱株式会社の相模原工場がある。

- ・敷地面積: 375,690 m<sup>2</sup>
- ・建物面積: 188,975 m<sup>2</sup>
- ・社員数: 1,821 人

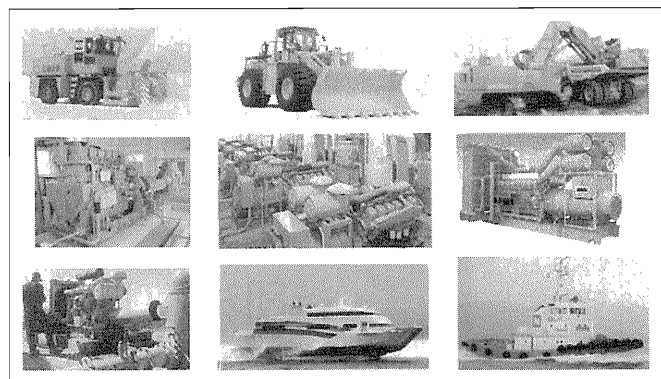
3. 三菱エンジンの概要

同事業本部では、1~3,789 kW の小型から大型までの MHI ディーゼルエンジンの主要製品を開発・製造し、様々な産業車両、建設機械等に使用されている。

また、その関連製品のコージェネレーションシステムでは、従来の発電設備では無駄に捨てられていた、エンジン



図三 MHI エンジンラインアップ



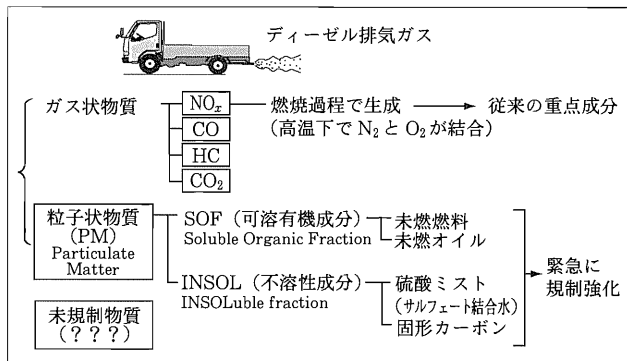
図四 大型・小型エンジンの多彩なアプリケーション例

からの排熱を回収し、電力と一緒に熱エネルギーも供給する次世代システムを手掛けている。

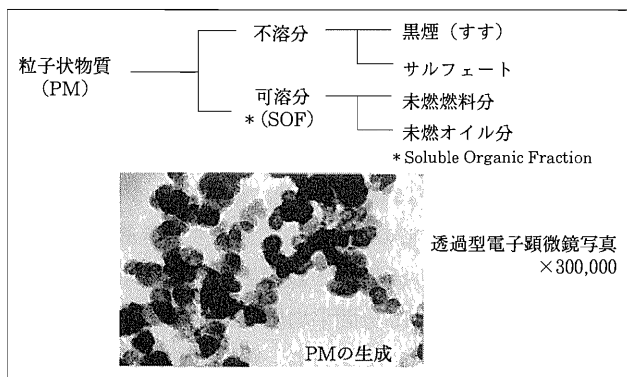
#### 4. 排ガス規制

我々の委員会メンバは、メーカ以外の委員も多数いるので、排ガス規制について簡単に以下の解説を受けた。

① 排ガスとは：ディーゼルエンジンからの排気ガスの種類を以下に示す。



② PM とは：PM (粒子状物質：Particulate Matter) の生成と PM の透過型電子顕微鏡写真を示す。



③ 規制時期は：排出ガス規制 (オフロード) (1次, 2次, 3次) の国別, 地域別タイムスケジュールを示す (図-5)。

#### 5. 三菱エンジンの開発技術

三菱重工業では、以上の規制に対応するために研究開発された以下の代表的なエンジン技術の紹介があった。

##### (1) 電子制御高圧ポンプシステム (コモンレール)

高圧化した燃料等を蓄えてインジェクタへ与えるための部屋をコモンレールと言う。高圧で噴射することにより

規制	範囲	H16.1													
		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
国内 国土交通省 (建設機械)	トンネル用 一般工事用 (ブル, WL, HE) 発電機, コンプレッサ														
国内 国土交通省 (特殊自動車)	含む フォークリフト 農業用トラクター														
U. S. A CARB	~25 HP														
U. S. A EPA	~8 kW														
	8~19 kW														
	19~37 kW														
	37~75 kW														
	75~130 kW														
ヨーロッパ EU	130~560 kW														
	560~ kW														
	18~37 kW														
	37~75 kW														
	75~130 kW														
	130~560 kW														

図-5 排出ガス規制 (オフロード)

PM, 黒煙を減少し、また、細かく自由に噴射圧力, 時期, 時間を制御することにより, NO<sub>x</sub>も減少できる (図-6)。

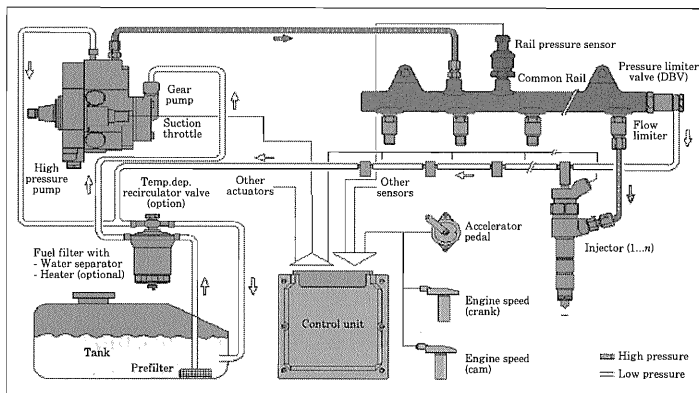


図-6 コモンレール (Common Rail) システム

##### (2) 内部 EGR システム

排出したガスの一部を再度吸入側の空気に混ぜることにより, エンジンの燃焼室の酸素量を抑制し, ゆるやかな燃焼による温度低下が, NO<sub>x</sub>を減少させる (図-7)。

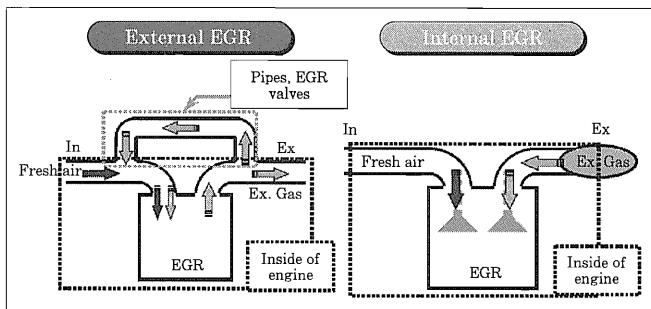


図-7 Tier 3 対応に開発された新モデル S 4 S-DTAA

#### 6. 終わりに

最後に、当日色々に対応頂いた三菱重工業株式会社汎用機・特車事業本部の方々に深く感謝いたします。

## CMI 報告

## 風力発電タワー強度実験

竹之内博行・國廣 卓夫

## 1. はじめに

施工技術総合研究所では、5万坪に及ぶ広大な敷地と、載荷設備や計測技術などの実験ノウハウの蓄積を活用して、これまで、本州四国連絡橋、東京湾横断道路、第二東名高速道路などの大プロジェクトに関連した構造物やガスパイプラインのような基盤施設に関連した数多くの大型模型載荷実験を実施してきた。ここでは最近行った風力発電タワー強度実験について紹介する。

## 2. 実験の背景

近年、日本においても風力発電事業が急速に普及してきているが、その設備の多くは欧州メーカーの規格品となっている現況にある。

この主要設備である発電タワーの機械的強度は、暴風時の風荷重・振動による繰返し荷重、変位抑制量（剛性）などから決定されていると推察されるが、台風、地震、雷、山岳地への建設など日本の気象条件や地形条件に適合して

いない面が懸念される。このようなことから、現在風力発電事業を鋭意展開している株式会社シーテックでは、日本の荷重条件に適合する風力発電用タワーの設計および製作面の改善を図ることを目的として、発電用タワーの実耐力強度の確認試験を実施することとした。

今回の実験は株式会社シーテックの委託により、風力発電設備の設計製作を行うJFEエンジニアリング株式会社とともに施工技術総合研究所で実証試験を行ったものである。

## 3. 供試体

本実験では、現行最大級の2.0MWクラス風力発電機用コンカルパイプタワー（ローター回転中心高さ約60m、写真1）の終局耐力を正確に評価するために、幾何学的相似性や施工再現性を考慮して実機の全体および細部挙動を十分再現しうるハーフスケールモデルとした。

図1に供試体の概要と載荷要領を示す。供試体タワー（高さ約30m）の断面外径は、最下部2,015mm、最上部1,157mm、径厚比 $D/t$ 110~180となっている。なお、供試体タワーは実物と同じく本試験用に構築された基礎に定着し、その頂部には風力発電機に相当するウェイト（35t）を搭載した。

## 4. 設計荷重

地震応答解析並びに暴風時風速、速度圧等の事前検討を通じて、実機についての設計として想定すべき最大荷重を、総水平力として100tf程度と設定した。これはハブ高さ（地上高60m）での10分間平均風速が40m/s以上となることを想定した荷重で、このうち、風力発電機部分（ブレードを含む）に70%、タワー部分に30%が作用する形となる。これをハーフスケールモデルにて再現するため、供試体タワー用の換算設計荷重は、その相似性から実機の総水平力の1/4の25tfとした。

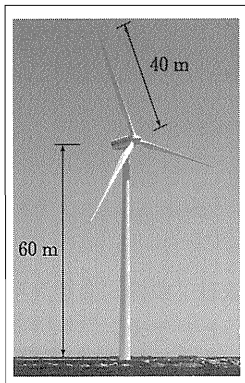


写真1 G社クラスIIタイプ

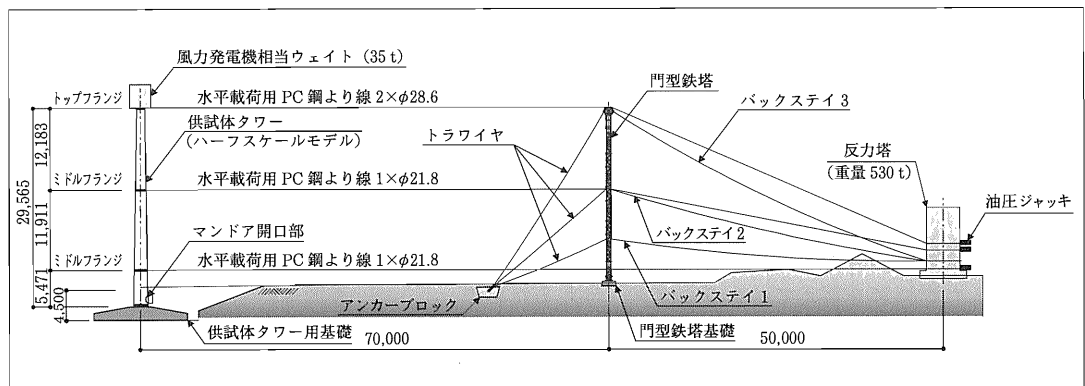


図1 供試体概要および載荷要領図

供試体タワーについては、その鋼材の実降伏強度を考慮に入れた FEM 解析により、最大耐力から耐力低下後までの荷重-変位関係が予測されている (図-2)。

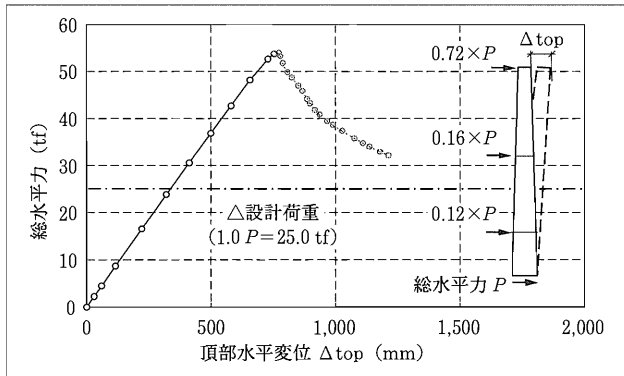


図-2 荷重-変位関係予測図

FEM 解析によると、破壊位置はマンドア開口部分の上方のシェル部分で、その部分の降伏・座屈が先行して最大耐力が現れ、その後、耐力低下に至る、という結果になっている (図-3)。

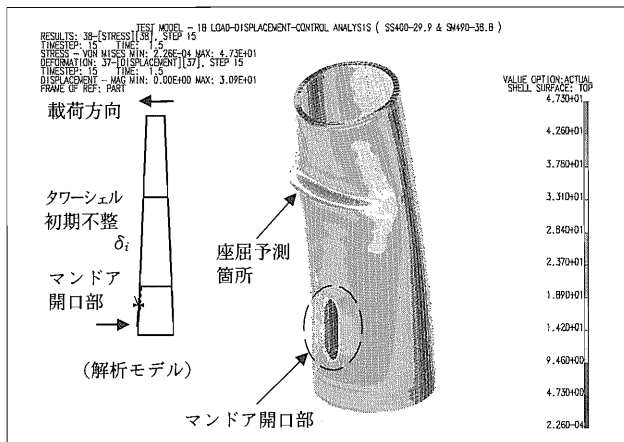


図-3 破壊箇所予測図

## 5. 荷重方法

写真-2 に設備全景を示す。

風荷重による水平力は、供試体タワー上・中・下段フラ



写真-2 試験設備全景

ンジ継手レベルの3箇所に集約した。それぞれの位置での荷重比率は、設計荷重に対応させて、上段 72%、中段 16%、下段 12% とした。各レベルに取付けた載荷用ピースにロードセルを介して PC 鋼燃線<sup>より</sup>を接続し、門型鉄塔を介してこの PC 鋼燃線<sup>より</sup>を反力塔まで引通し、その背面に設置した油圧ジャッキによって引込むことで水平荷重を載荷した。

ジャッキ能力および台数は、上段載荷用として 70 tf × 2 台、中・下段用としてそれぞれ 50 tf × 1 台の合計 4 台であり、1 台の油圧ポンプにより同時に作動させた。写真-3 に油圧ジャッキシステムを示す。これらのジャッキは、設定した荷重比率を保持したまま所定の荷重に合わせることができるよう自動制御されるシステムとした。

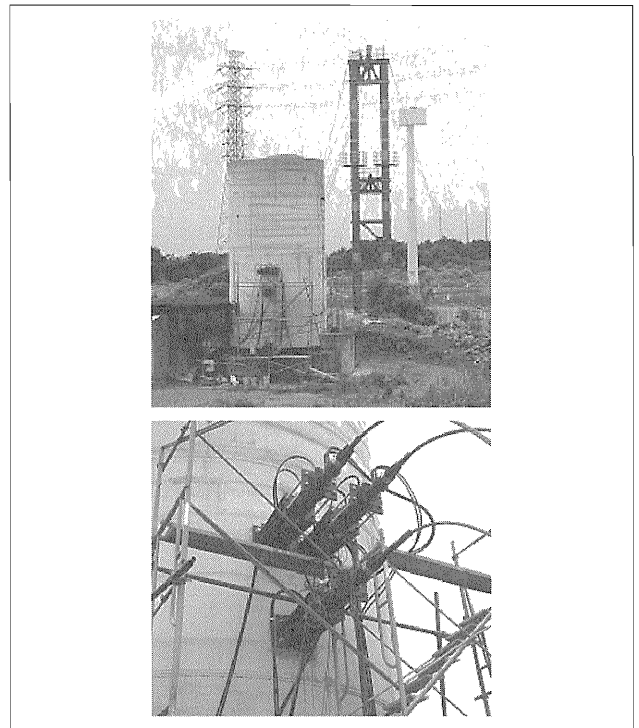


写真-3 油圧ジャッキシステム

## 6. 試験方法

試験では、設計荷重 (25 t) までの載荷を 3 回繰返した後、供試体タワーが倒壊するまでの終局耐力確認試験を実施した。

これらの試験では、油圧ジャッキシステムにより所定荷重まで載荷し、供試体タワー各部に設置した約 160 箇所の測定センサーによる応力変動および変形量の測定を繰返した。測定センサーはひずみゲージ (一軸、二軸、三軸)、ボルトゲージおよび温度センサーなどで、タワー変位の計測には 3 次元自動追尾式変位計測システムを用いた。



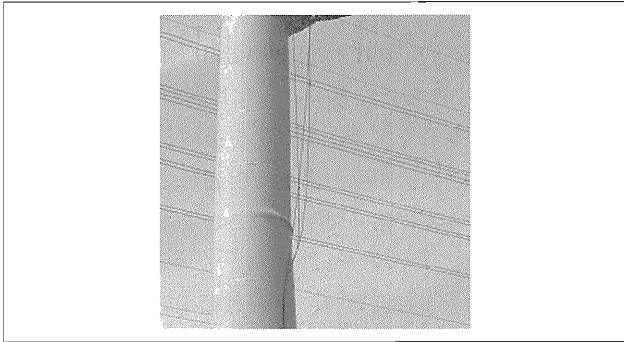


写真-4 座屈状況

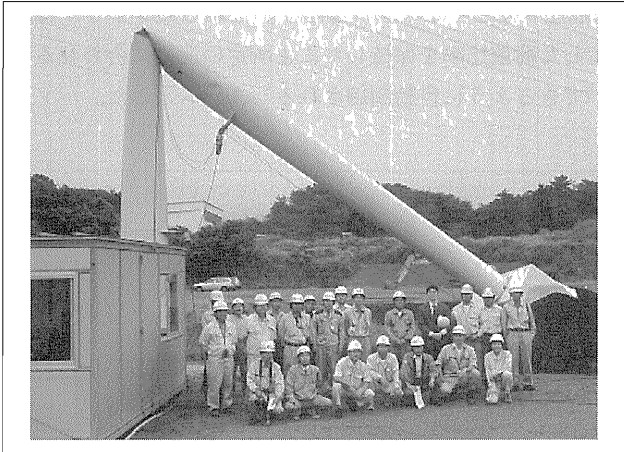


写真-5 倒壊状況

## 7. 試験結果

終局耐力確認試験は公開試験とし、平成15年6月24日に関係諸機関からの百数十名の見学者が見守る中で実施した。供試体は事前の解析による予測と大方同様な経過を辿り、最終的には供試体タワー高さ中間部分で局所的な座屈が発生し（写真-4）、その箇所では折れ曲がるように倒壊した（写真-5）。

## 8. おわりに

今回このような大規模な構造物破壊実験が、事故なく無事に終局状況の確認までできたことについて、誌面をおかりして実験に携わったすべての関係者に感謝の意を表します。

JICMA

### 〔筆者紹介〕

竹之内 博行（たけのうち ひろゆき）  
社団法人日本建設機械化協会  
施工技術総合研究所  
技師長

國廣 卓夫（くにひろ たくお）  
社団法人日本建設機械化協会  
施工技術総合研究所研究第二部専門課長

# 建設機械用語集

- 建設機械関係業務者一人一冊必携の辞典。
- 建設機械関係基本用語約2000語（和・英）を収録。
- 建設機械の設計・製造・運転・整備・工事・営業等業務担当者用辞書として好適。

B5判 200頁 定価2,100円（消費税込）：送料600円  
会員1,890円（消費税込）：送料600円

## 社団法人 日本建設機械化協会

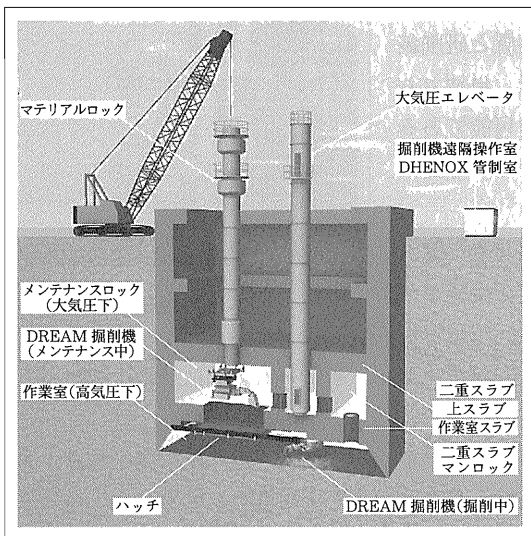
〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館） Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289

# 新工法紹介 広報部会

02-122	New DREAM 工法	大豊建設
--------	--------------	------

## 概要

New DREAM 工法は「高気圧作業を発生させない」というコンセプトのもと、DREAM 工法を発展させることで、高気圧作業の100%無人化と地下水位下70mまでの施工を実現した。本工法は高気圧作業の無人化技術であるDREAM掘削機、掘削機メンテナンスシステム、遠隔操作による地耐力試験装置、安全対策技術である二重スラブマンロック、大気圧エレベータ、DHENOXシステム（非常用）を施工条件に応じて組合わせて使用する。

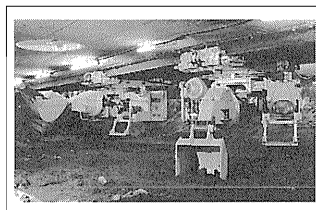


図一 New DREAM 工法概要図

## 特長

### (1) 無人化技術

① 高能力 DREAM II 掘削機：DREAM 掘削機は I 型、II 型、III 型の 3 種類あり、DREAM II 掘削機は普通土から岩盤まで掘削可能な多機能型ケーソン掘削機である。



写真一 DREAM II 掘削機

地上からの遠隔操作により高気圧下の掘削作業を不要とし、安全性や経済性が向上する。出力が 37 kW と大きく、掘削工程を大幅に短縮する。

② 掘削機メンテナンスシステム：掘削機メンテナンスシステムは、トラベリングシステムを使用し、掘削機を作業

室からメンテナンスロックに回収し、日常点検、整備、修理、解体、回収作業を大気圧下で実施するシステムであり、上記作業の高気圧作業を発生させず、安全性や経済性が向上する。



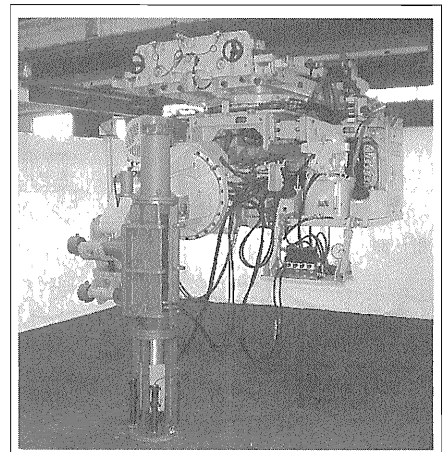
写真二 遠隔操作状況

### ③ 遠隔操作による地耐力

試験システム：

地耐力試験装置の設置、撤去及び計測を地上からの遠隔操作で行うため、高気圧作業が発生しない。

以上①、②、③の技術により、高気圧作業を100%削減できる。



写真三 地耐力試験装置

### (2) 安全対策技術

- ① 大気圧エレベータ：掘削機の日常点検等の昇降に使用する装置で、作業員の負担がない。
- ② スラブマンロック：高気圧作業時の加圧減圧で、マンロックの気積を大きくできるため作業環境に優れている。
- ③ DHENOX システム（非常用）：非常用として大深度の高気圧作業で、使用するヘリウム混合ガス供給システムであり、コストダウンが可能である。

### 用途

- ・橋梁基礎、シールド立坑、ポンプ場、貯留池、防波堤、岸壁、トンネル、地下駐車場など

### 実績

- ・東北縦貫自動車道馬淵川橋（下部工）工事、平成9年3月、日本道路公団

### 工業所有権

- ・大豊建設(株)

### 問合せ先

大豊建設(株)技術本部技術開発部

〒104-8289 東京都中央区新川 1-24-4

Tel. 03(3297)7011 ; Fax. 03(3551)4005

## 新工法紹介

07-27	マルチバキュームシステム	熊谷組 飛鳥建設
-------	--------------	-------------

### 概要

マルチバキュームシステムは、古くなった焼却場などの施設解体において、ダイオキシン類で汚染された部分の洗浄および付着物除去作業を高効率で安全に実施でき、工期短縮・コスト低減に寄与するシステムである（図-1）。

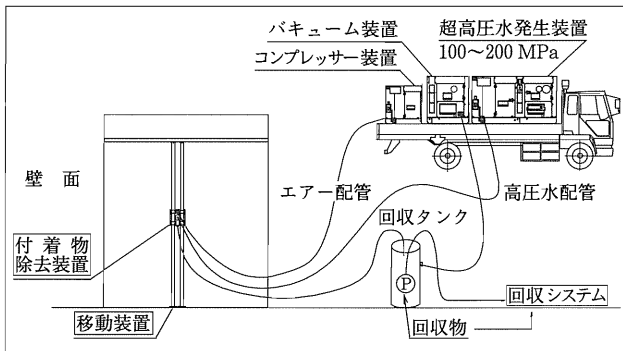


図-1 マルチバキュームシステム全体構成図

ウォータージェットと機械的な表面研削の二つの機能を備えた付着物除去装置と閉鎖的なバキュームによる回収装置およびコンパクトな駆動装置から構成されている。

### システムの特長

- ① ウォータージェットと機械的な研削の併用であるためクリンカ等の付着物を確実に除去できる。
- ② ウォータージェットの圧力や流量、研削ヘッドを調整することで付着物質だけを除去することができる。したがって、従来のチップングのように必要以上に母体を傷めない。
- ③ 回収装置は、スポット的なバキューム方式を使用しているため洗浄水や除去物を高効率で回収できる。
- ④ 全体システムが閉鎖的であるため、ミストや洗浄水の飛散が少なく、作業員をダイオキシン類の暴露から防ぐことができる。
- ⑤ 少量（毎分 10 L 程度）の洗浄水で付着物を除去できるため廃水の処理量が低減できる。
- ⑥ 動力装置は、コンパクトで車載式のため機動性に富んでいる。

### 各装置の概要

- ・付着物除去装置：超高压水（50～100 MPa）のウォータージェット洗浄装置と研削装置、密閉シーリング、移動装

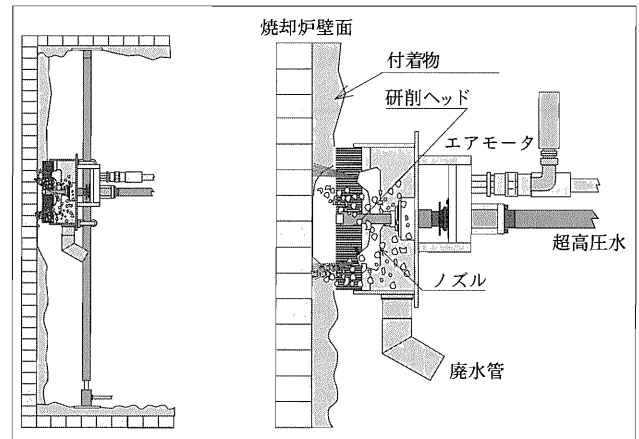


図-2 付着物除去装置の仕組み

置からなる。洗浄装置と研削装置は、単独でも使用可能である（図-2、写真-1）。

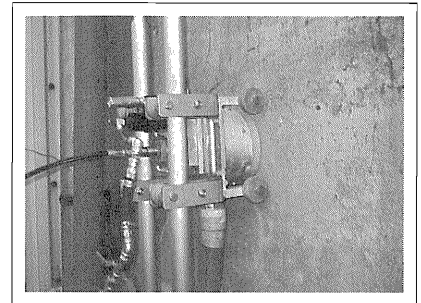


写真-1 付着物除去作業

- ・回収装置：除去装置に接続した排水回収管と付着物回収タンクをバキューム装置に連結、スポット的に吸引回収する。
  - ・動力装置：バキューム装置、超高压水発生装置、エアコンプレッサをコンパクトに車載してある。
- ### 用途
- ・焼却施設の解体
- ### 実績
- ・岐阜県荘白川衛生施設利用組合発注  
ごみ処理施設解体撤去工事（平成 16 年 7 月～12 月）
- ### 工業所有権
- ・特許申請中  
本システムは、(株)熊谷組と飛鳥建設(株)の共同開発技術である。

### 問合せ先

(株)熊谷組技術研究所

〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1

電話：03(3235)8617

飛鳥建設(株)土木本部機電部

〒102-8332 東京都千代田区三番町 2 番地

電話：03(5214)7094

# 新機種紹介 広報部会

## ▶ <02> 掘削機械

04-<02>-18	日立建機 ローディングショベル EX 8000	'04.10 発売 新機種
------------	----------------------------	------------------

世界最大級の油圧ショベルで大規模鉱山を対象とし、生産性の向上、コスト低減を目的として開発されたものである。300t積みダンプトラックとの組み合わせでは、バケット4杯で、2分程度の積み込み時間で満杯とする。24時間稼働を考慮して、キャブ内にはテーブル、電子レンジ、冷蔵庫などが備えられる生活空間を設けている。1,400kW級エンジンを2基搭載しており、旋回輪は3列ローラ式を採用、主要油圧機器はEX 3600<sub>s</sub>（バケット容量22m<sup>3</sup>）と共通化を図るなど耐久性、メンテナンス性にも配慮している。操作レバーはリストコントロール式電気レバーで、操作力が軽く、長時間運転での疲労感を軽減する。点検・整備性については、大きな点検用扉や広いオープンスペースの設置、昇降に便利な電動式梯子の採用など効率的な作業に配慮している。

表-1 EX 8000の主な仕様

標準バケット容量	(m <sup>3</sup> )	40
運転質量	(t)	780
定格出力	(kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	1,400(1,900)/1,600×2
最大掘削深さ×同半径	(m)	4.1×18.5
最大掘削高さ	(m)	20.5
最大掘削力(バケット)	(kN)	2,870
床面最小掘削半径/後端旋回半径	(m)	7.00/8.28
走行速度 高速/低速	(km/h)	2.0/1.4
登坂能力	(度)	30
接地圧	(kPa)	235
全長×全幅×全高(本体)	(m)	9.255×10.670×9.900
価格	(百万円)	1,080

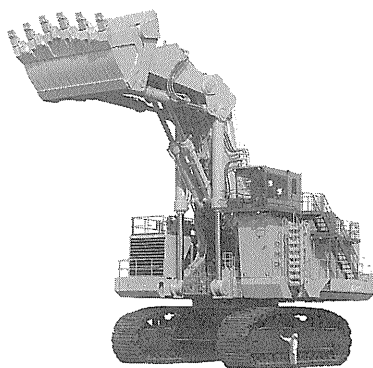


写真-1  
日立建機 EX 8000  
ローディングショベル

## ▶ <03> 積み込機械

04-<03>-09	川崎重工業 ホイールローダ 135 ZV	'04.11 発売 モデルチェンジ
------------	-------------------------	----------------------

鉱山や大規模砕石現場で使用されるホイールローダについて、低燃費生産性や信頼性を向上してモデルチェンジしたものである。標準バケット(9.7m<sup>3</sup>)によるダンプトラックとの積み込み組み合わせでは、ダンプトラック40~60t積みみを最適とする。V形12気筒の高

出エンジンを搭載しており、作業目的に応じて重掘削、ノーマル、ロード&キャリの3段階に出力を調整して燃費節減を図ることができる。スタート時においては、最初にエンジンオイル潤滑用電動モータが作動し、各部の潤滑が行われてから始動する。また、自動暖気機構を装着しているため、寒冷地現場などでの短時間暖機が可能である。前進3速でロックアップ機構が作動するコンピュータ制御の自動変速トランスミッションを搭載して、スムーズな低燃費の走行を実現している。さらに、荷役回路、ステアリング回路に可変容量ピストンポンプを採用し、必要な油量のみを供給してエネルギーの有効利用を図っている。掘削時に、一時的(約5秒間)に油圧リリース圧を上げて掘削力を10%アップするパワーブーストスイッチも設けている。ブレーキは前後輪独立2系統の全油圧式・密閉湿式多板ディスクブレーキで、独自の機械式ピストンストローク自動調整機構を採用している。ロップスキャノピ・キャブは容積を20%アップし、作業レバーとステアリング・前後進・変速レバーの2本の操作レバーのみとして運転室空間をより有効にしている。

表-2 135 ZVの主な仕様

標準バケット容量 (スペースエッジ付き)	(m <sup>3</sup> )	9.7
運転質量	(t)	79.9
定格出力	(kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	537(730)/2,100
ダンピングクリアランス×同リーチ	(m)	4.04×2.15
最大掘起力(バケットシリンダ) 通常/ブースト	(kN)	571/624
最高走行速度 F <sub>1</sub> /R <sub>3</sub>	(km/h)	30/27.3
最小回転半径(最外輪中心)	(m)	8.12
登坂能力	(度)	30
軸距×輪距(前後輪とも)	(m)	4.80×3.05
最低地上高	(m)	0.59
タイヤサイズ	(—)	45/65-R 39 (L5)
全長×全幅×全高	(m)	12.9×4.52×4.945
価格	(百万円)	126.7



写真-2 川崎重工業「AUTHENT」135 ZV ホイールローダ

## ▶ <04> 運搬機械

04-<04>-07	新キャタピラー三菱 不整地運搬車(クローラ式) LD 700 E ほか	'04.12 発売 モデルチェンジ
------------	-------------------------------------------	----------------------

環境への対応性、安全性、操作性などを向上してモデルチェンジ

**新機種紹介**

したゴムクローラ式で、エアコン、デフロスタ付きキャブ搭載の2機種である。エンジンは、国土交通省、米国 EPA（環境保護局）、欧州の排出ガス対策（2次規制）基準値をクリアするものを搭載しており、HST 駆動・自動変速2段で、急な下り坂でのエンジンオーバーランを防止する低速固定スイッチを装備している。前後進・ステアリングの操作レバーは油圧パイロット式で、T形1本レバー方式を採用している。「不整地運搬車安全対策ガイドライン」によって推奨されるオーバーラン警報装置（ハイアイドル回転数を超えた場合に警報ランプとブザーで警告）と傾斜警報装置（降坂時9度以上の傾斜の場合に警報ランプとブザーで警告）を標準装備している。さらに、自動駐車ブレーキ、乗降時のゲートロックレバー、万一の時のエンジン緊急停止ボタン、前後進レバーとベッセルレバーのセーフティロック、ベッセル降下防止用セーフティバー、巻込み収納式シートベルトなどを標準装備している。サービス性については、ワンタッチ開閉式の前面カバーやゴムクローラを外すことなく交換できる4分割形スプロケットの採用、下転輪のボギーピンブラケットをボルト固定式構造とするなどでイージーメンテナンスに配慮している。

表-3 LD700 E ほかの主な仕様

	LD 700 E	LD 1000 E
最大積載質量 /同容量（山積） (t)/(m <sup>3</sup> )	6.5/4.4	10.0/5.9
運転質量 (t)	9.4	13.0
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	165(224)/2,700	185.4(250)/2,000
荷台内法 （長×幅×高） (m)	3.1×2.2×0.4	3.545×2.45×0.415
荷台底面地上高 (m)	1.28	1.39
荷台ダンプ角度 (度)	65	65
走行速度 低速/高速 (km/h)	7.0/12.0	7.0/12.0
最低地上高 (m)	0.535	0.48
接地圧 空車時/積載時 (kPa)	16.6/28.3	22.5/39.7
全長×全幅×全高 (m)	5.35×2.57×2.65	6.00×2.855×2.70
価格 (百万円)	13.3	18.0

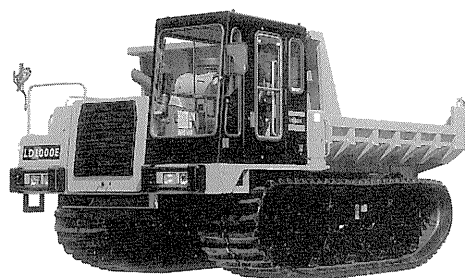


写真-3 新キャタピラー三菱 LD 1000 E 不整地運搬車

た杭圧入引抜き機で、狭所作業性、環境対応性などの向上を図ってモデルチェンジしたものである。エンジンに国土交通省の排出ガス対策（2次規制）基準値をクリアするものを採用し、騒音対策によって同省の低騒音型建設機械の基準値にも適合する。油圧式可変脚機構と油圧式可変張出し2脚リヤアウトリガ（フロントは手動張出し1脚アウトリガ）によって、狭所2m道路への進入性と作業安定性を確保した。アウトリガにおける水平調整は、傾斜計による手動調整としている。起き角度90度、左右チルト角±5度のリーダには左右に鋼管圧入ユニットとオーガ掘削ユニットを配置し、地盤に応じてオーガと回転圧入の組合わせで三つの作業モードが選択できる。圧入ユニットの圧入引抜き速度とオーガトルクは2段切換え式として作業効率を向上した。また、杭吊込み用ウインチ（巻上げ力9.8kN）の操作レバーと圧入機回転寸動スイッチを一体化して杭チャッキング操作を容易にした。深度、支持力（押付け力）、トルク、圧入機回転数などの施工状況をモニタ表示するようになっており、施工記録をプリントアウトするとともに電子データとしても保存できる。

表-4 BA 100<sub>2</sub>の主な仕様

オーガ径/適用杭径 (mm)	φ200/φ101.6~190.7
圧入引抜き力 Hi/Lo (kN)	88/157
圧入引抜きストローク (m)	6.525
オーガトルク Hi/Lo (kNm)	7.7/13.6
オーガストローク (m)	5.4
機械質量 (t)	11.5
定格出力 (kW(PS)/rpm)	40.5(55)/1,850
リーダ 全長×内幅 (m)	8.21×0.41
リーダストローク (m)	1.1
接地圧 (kPa)	50
全長×全幅×全高（作業時） (m)	4.885×2.435×10.165
全長×全幅（拡幅/縮幅）×全高（輸送時） (m)	8.510×2.435/1.950×2.800
価格 (百万円)	40

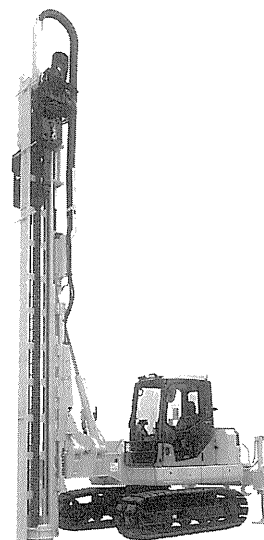


写真-4 コマツ BA 100<sub>2</sub> Padra 油圧式杭圧入引抜き機（オーガ・回転圧入併用）

▶ <06> 基礎工事機械

04-<06>-01	コマツ 油圧式杭圧入引抜き機 （オーガ・回転圧入併用）BA 100 <sub>2</sub>	'04.11 発売 モデルチェンジ
------------	------------------------------------------------------	----------------------

戸建て住宅用基礎の鋼管杭を施工するオーガと回転圧入機を備え

## 建設労働の現況

### はじめに

我が国の財政建直しの一環として公共建設投資は平成17年度も緊縮型と抑制される見通しである。

建設投資額は平成8年の82.8兆円を境に減少を続け、平成16年度は51.9兆円と昭和61年度の水準に落ちている。

一方建設業就業者数は平成9年度の685万人をピークに減少に転じているが、その減少割合は緩慢である。

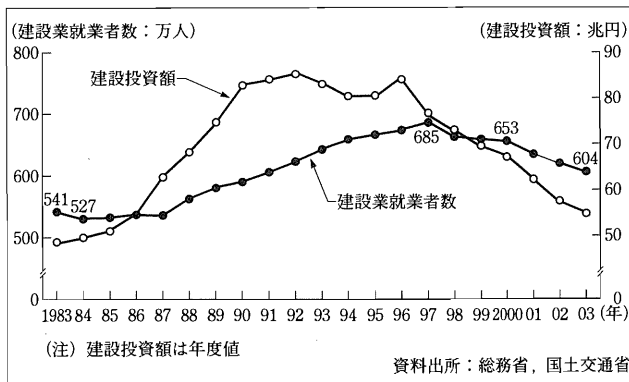
政府はコスト縮減を施策の重要課題として公共投資については削減目標を定めるなど取組みを強化し、平成14年度末までに、13%強の削減効果があったとし、さらに平成20年度末まで継続実施している。

建設投資の減少の中でのコスト縮減対策は、鋼材等持ち直しているものもあるが、全体として低水準にある建設資材、下げ止まりを見せない労務賃金などの相乗効果により、発注者側には建設コスト低下の効果をもたらしたが、受注者（建設業）には、過当競争の影響から、利益率の低下の状態が続いている。

このような厳しい状況で建設業が影響を受けている建設労働の現況について社団法人日本建設業団体連合の資料をもとに紹介する。

### 1. 建設業就業者数の推移

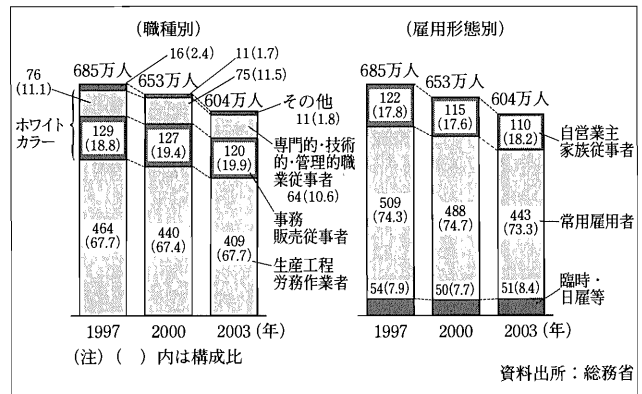
建設業就業者数は、長引く不況の中でも一貫して増加を続け（1992年～1997年の就業者数は、製造業の127万人減に対して、建設業は66万人増）、結果的にわが国の雇用の安定に寄与してきたが、1997年（685万人）をピークとしてその後は減少が続いている。1998年以降の6年間で87万人（11.8%）減少したが、2000年までの3年間（32万人減）に比べ最近3年間（49万人減）は減少幅が拡大している。この現象は建設投資額の減少割合に比べ建設業就業者数の減少が緩やかであったことへの反動であろう（図一）。



図一 建設業就業者数の推移

### 2. 就業者数減少の内訳

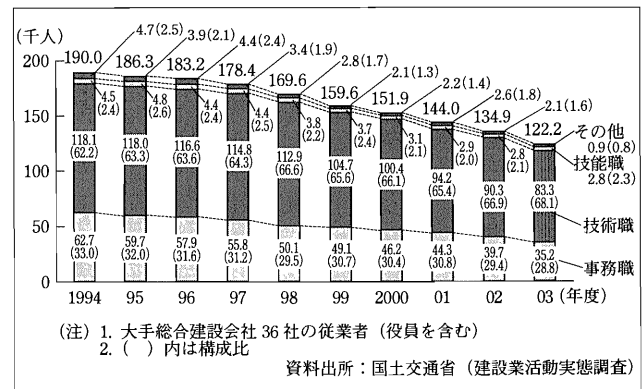
建設業就業者数の減少の内訳をみると、最近3年間で減少率が大きいのは、職種別ではホワイトカラー、雇用形態別では常用雇用者である。ホワイトカラーの中では、事務職、販売職は比較的安定しているのに対して、技術職、管理職は減少が著しい（図二）。



図二 就業者数減少の内訳

### 3. 大手建設会社の従業者数の推移

大手建設会社においては既に1990年代半ばから従業員の減少が始まっており、2003年までの9年間で36%減少している。職種別では、技術職従業者に比べ事務職従業者の減少率が大きい。減少の対象が年齢構成で割合の高い50歳台を中心としており、経験豊富な技術職の減少は総合的技術力の低下となって種々の影響が懸念されている（図三）。



図三 大手建設会社の従業者数の推移

## 統計

### 4. 労働条件の推移

建設業従業者の給与は1980年代後半～1990年代初めの建設ブーム期に急増し、全産業平均を上回るに至った。その後も増加が続いたが、1998年以降は減少に転じている。

一方、労働時間は、改善してはいるものの、全産業平均と比べ依然として多い。給与水準をみると建設業は全産業平均を上回っているものの、時間当たり給与としてみると下回っており、労働時間で補う構図となっている（図-4）。

JCMIA

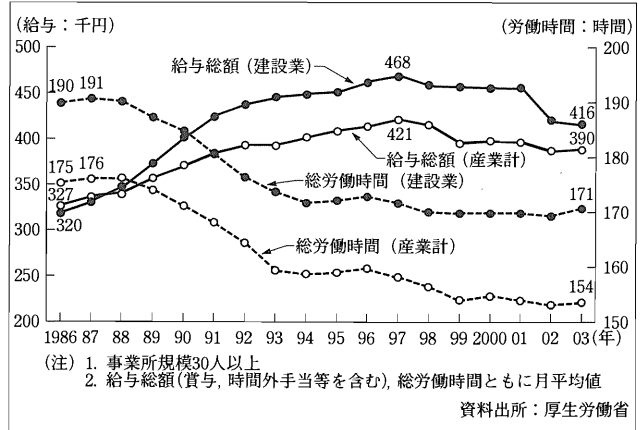


図-4 労働条件の推移

## 絵で見る安全マニュアル 〈建築工事編〉

本書は実際に発生した事故例を専門のマンガ家により、わかりやすく表現しています。新入社員の安全教育テキストとしてご活用下さい。

### ■要因と正しい作業例

- ・物動式クレーン
- ・電動工具
- ・油圧ショベル
- ・基礎工事用機械
- ・高所作業車
- ・貨物自動車

A 5判 70頁 定価 650円 (消費税込) 送料 270円

## 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

…行事一覧…

(2004年12月1日～31日)

■ 広報部会

■ シンポジウム実行委員会

月 日：12月3日(金)  
出席者：近藤 悟委員長ほか9名  
議 題：①シンポジウム開催案内について ②本論文の査読結果について ③今後の予定について

■ 機関誌編集委員会

月 日：12月10日(金)  
出席者：関 克己委員長ほか17名  
議 題：①平成17年2月号(第660号)の計画 ②編集方針、特集テーマの審議

■ 広報部会

月 日：12月16日(木)  
出席者：関克己部会長ほか7名  
議 題：①会長賞公募について ②ホームページアクセス状況について ③平成16年度建設施工と建設機械シンポジウムについて ④CONET 2006 企画(案)について ⑤広報部会の今後のあり方について

■ 建設経済調査委員会

月 日：12月16日(木)  
出席者：山名至孝委員長ほか5名  
議 題：①次号テーマの検討

■ 機 械 部 会

■ 建築生産機械技術委員会

月 日：12月8日(水)  
出席者：石倉武久委員長ほか11名  
議 題：①各分科会活動報告 ②本委員会活動報告

■ トンネル機械技術委員会 C 規格 TBM 分科会

月 日：12月8日(水)  
出席者：寺田紳一分科会長ほか3名  
議 題：EN 815 和訳の精査

■ 原動機技術委員会

月 日：12月9日(木)  
出席者：山田太郎委員長ほか15名  
議 題：①前回議事録確認 ②排ガス規制動向について ③ホームページの作成について

■ ショベル技術委員会 自走式リサイクル機械分科会

月 日：12月13日(月)  
出席者：森谷幸雄分科会長ほか7名

議 題：磁選機、遠隔操縦、非常停止などの審議

■ コンクリート機械技術委員会

月 日：12月15日(水)  
出席者：大村高慶委員長ほか8名  
議 題：コンクリートプラント及びミキサの安全要求事項審議

■ 建築生産機械技術委員会 定置式クレーン分科会

月 日：12月15日(水)  
出席者：三浦 拓分科会長ほか7名  
議 題：プランニング百科の見直し

■ 情報化機器技術委員会

月 日：12月16日(木)  
出席者：中野一郎委員長ほか3名  
議 題：①Eagle JCMA JCMAS 化活動 ②情報化施工ケーススタディ ③電装品標準化検討

■ 基礎工事用機械技術委員会 C 規格分科会

月 日：12月16日(木)  
出席者：濱野 衛分科会長ほか11名  
議 題：審議用最終原案の検討

■ 機械部会幹事会 (技術連絡会)

月 日：12月17日(金)  
出席者：山口 武部会長ほか18名  
議 題：①技術会議の活動状況 ②各技術委員会発表

■ トラクタ技術委員会

月 日：12月20日(月)  
出席者：斉藤秀企委員長ほか8名  
議 題：①C 規格 2004 年版による最終審議 ②下期テーマ設定

■ 路盤舗装機械技術委員会 安全対策分科会 コンクリートカッタ部

月 日：12月22日(水)  
出席者：小葉賢一分科会長ほか8名  
議 題：コンクリートカッタの安全対応、規格作成

■ 除雪機械技術委員会幹事会

月 日：12月22日(水)  
出席者：江本 平幹事長ほか12名  
議 題：除雪資料改訂作業報告及び審議

■ トンネル機械技術委員会 C 規格 さく岩 機分科会

月 日：12月22日(水)  
出席者：阿部裕之分科会長ほか4名  
議 題：EN 和訳分の精査と審議

■ 路盤舗装機械技術委員会 安全対策分科会

月 日：11月29日(月)  
出席者：小葉賢一分科会長ほか15名  
議 題：①ロードスタビライザーの JIS 案検討 ②切削機の JIS 案検討

■ 路盤舗装機械技術委員会

月 日：11月29日(月)  
出席者：福川光男委員長ほか29名

議 題：建設機械支援情報システム施工実施事例報告

■ 業 種 別 部 会

■ 製造業部会・作業燃費検討会

月 日：11月2日(火)  
出席者：雨宮信一幹事長ほか9名  
議 題：作業燃費の検討対応について

■ 製造業部会 作業燃費検討会

月 日：11月10日(水)  
出席者：雨宮信一幹事長ほか7名  
議 題：作業燃費の検討に関する審議

■ 機電技術活性化分科会

月 日：12月3日(金)  
出席者：荒井政男分科会長ほか4名  
議 題：①来年度の機電技術者意見交換会について ②第8回機電技術者意見交換会報告書 ③機電技術者のあり方

■ 建設業部会三役会

月 日：12月6日(月)  
出席者：西上雅朗部会長ほか6名  
議 題：①CONET 2006 の企画案について ②コンクリートポンプ車の事故予防のための安全な使い方と検査の徹底について ③平成16年度建設施工都県説機械シンポジウムの座長について ④来年度の機電技術者意見交換会について ⑤本年度の活動日程

■ 機電技術活性化分科会

月 日：12月17日(金)  
出席者：荒井政男分科会長ほか4名  
議 題：機電技術活性化に関する意見交換

■ 建設機械の安全提案分科会

月 日：12月22日(水)  
出席者：西田光行分科会長ほか7名  
議 題：①リスク保険の適用検討 ②活動報告書の構想検討

…支部行事一覧…

■ 北 海 道 支 部

■ 除雪機械展示・実演会現地打合せ

月 日：12月10日(金)  
出席者：尾村光史実行委員会総務班長ほか35名  
内 容：平成16年度除雪機械展示・実演会実施要領等打合せ



## ■ 東北支部

### ■ EE 東北 2004 実行委員会

月 日：12月2日(金)

出席者：岸野佑次支部長ほか1名

議題：①平成16年度 EE 東北実行委員会決算報告 ②平成17年度実施方針(案) ③その他

### ■ 建設機械部会

月 日：12月6日(月)

出席者：山崎 晃部会長ほか12名

議題：除雪講習会アンケート結果及び打合せ

### ■ 建設部会

月 日：12月6日(月)

出席者：歌代 明部会長ほか5名

議題：建設機械部会との合同部会に向けての調整

### ■ 第2回支部運営連絡会

月 日：12月10日(金)

出席者：岸野佑次支部長ほか34名

議題：平成16年度上期事業及び同経理状況について

## ■ 北陸支部

### ■ 企画部会中越地震支援検討会

月 日：12月1日(火)

出席者：新田恭士部会長ほか4名

議題：中越地震に伴う除雪支援機械について

### ■ 除雪機械管理施工技術講習会

・魚沼会場

月 日：12月2日(木)

場所：湯之谷地域振興センタ

講師：新潟トランス・坂野 孝ほか

受講者：230名

### ■ 電子納品(機械設備編)講習会

月 日：12月16日(木)

講師：北陸地方整備局機械課長補佐・中川毅志ほか

受講者：65名

### ■ 中越地震に伴う除雪機械支援(無償貸付)

・長岡市

貸付期間：12月17日～3月31日

場所：長岡操車場仮設住宅ほか6箇所

支援会社：中日本キャタピラ三菱建機販売

貸付機械：ホイローダ0.4m<sup>3</sup>級, 4台

・川口町

貸付期間：12月21日～3月31日

場所：田麦山仮設住宅ほか2箇所

支援会社：中日本キャタピラ三菱建機販

売

貸付機械：ホイローダ1.3m<sup>3</sup>級, 1台

・川口町

場所：川口町和南津仮設住宅ほか1箇所

貸付期間：12月21日～3月31日

支援会社：北越 TCM

貸付機械：ホイローダ0.5m<sup>3</sup>級, 2台

・川口町

貸付期間：12月28日～3月31日

場所：川口中学校仮設住宅ほか1箇所

支援会社：コマツ新潟

貸付機械：ホイローダ1.3m<sup>3</sup>級, 2台

## ■ 中部支部

### ■ 広報部会

月 日：12月13日(月)

出席者：西脇恒夫副部会長ほか10名

議題：中部支部ニュース No. 17 編集会議

### ■ 建設技術フェア事務局会議

月 日：12月5日(金)

出席者：西脇恒夫副部会長ほか7名

議題：広報誌「支部便り」No. 64 号の編集会議

### ■ 部会長・副部会長会議

月 日：12月15日(水)

出席者：梅田佳男事務局長

内容：「建設技術フェア2004 in 中部」実施結果について、次年度の方針について

### ■ 災害対策部会

月 日：12月16日(木)

出席者：西郷芳晴部会長ほか3名

議題：災害応急対策支援業務について

## ■ 関西支部

### ■ 建設業部会・リースレンタル業部会合同見学会

月 日：12月1日(水)

見学先：川崎重工業明石工場モータサイクル工場

参加者：岡本哲哉建設業部会長ほか22名

### ■ 運営委員会

月 日：12月6日(月)

出席者：星野 満支部長ほか29名

議題：平成16年度上半期事業報告及び同経理概況報告

### ■ 摩耗対策委員会

月 日：12月6日(月)

出席者：建山和由幹事長ほか9名

議題：①耐摩耗性水中ポンプの開発(奈良県工業技術センター繊維・分子技術チーム)西村敬一 ②摩耗に関する文献調査

### ■ 広報部会

月 日：12月9日(木)

出席者：名竹利行部会長ほか10名

議題：①JCMA 関西第86号の編集状況 ②16年度部会活動について

### ■ 橋梁施工技術報告会

月 日：12月15日(水)

場所：建設交流会館グリーンホール  
参加者：100名

内容：①3.2mの主桁高さを有するPCコンボ橋の施工—第二阪和国道箱作ランプ橋(ピーエス三菱) 眞正夫 ②移動型枠を用いた長支間場所打ちPC床版の施工(宮地鐵工所) 上原正 ③外ケーブル方式3径間連続PC箱桁橋の施工(ピーシー橋梁) 鈴木英隆 ④ケーブルクレーンによる鋼バランスドアーチ橋の架設(横河ブリッジ) 山下裕次 ⑤公共事業に係わる最近の話題(近畿地方整備局技術調整管理官) 伊藤利和

## ■ 中国支部

### ■ 運営委員会

月 日：11月30日(火)

出席者：佐々木 康支部長ほか45名

議題：①平成16年度上半期事業報告及び同経理概況報告について ②平成16年度下半期行事予定について ③みる・きく・ふれる国土建設フェア 出展報告

### ■ 機会展備技術委員会

月 日：12月7日(火)

出席者：藤井輝夫技術部会長ほか31名

議題：①機械設備委員会設立について ②機械査閲美の保守点検技術基準の検討・機械設備パンフレット作成要領・ダム定期検査チェックポイント作成要領について

### ■ 平成16年度建設技術講習会

月 日：12月16日(木)

場所：広島JAビル

参加者：85名

内容：①入札・契約制度と新技術への取組みについて(中国地方整備局企画部建設専門官) 神宮祥司 ②建設業を取巻く現状について(中国地方整備局建設部建設産業調整官) 猪口邦夫

## ■ 四 国 支 部

## ■ ユニットプライス型積算方式等講習会

月 日：12月3日（金）

場 所：香川県土木建設会館

受 講 者：53名

内 容：①ユニットプライス型積算方式について ②同上質疑応答 ③最近の公共事業を取巻く話題（四国地方整備局企画部技術調整管理官）工藤建夫

## ■ 創立 30 周年記念事業準備委員会

月 日：12月21日（火）

出 席 者：小松修夫委員長ほか6名

議 題：①前回委員会以降の進捗状況について ②感謝状贈呈対象者について ③記念誌の回顧録等執筆依頼者について

## ■ 九 州 支 部

## ■ 第 5 回企画委員会

月 日：12月5日（水）

出 席 者：相川 亮委員長ほか6名

議 題：支部行事の推進について

①秋期運営委員会開催状況報告件 ②平成17年度主要行事計画（案）について ③平成17年度主要行事計画の検討について（・各部会、委員会開催の依頼、・各種事業の活動方針及び活性化対策に関する検討、・各行事の経費節減化対策に関する種々の検討） ④事務局の移転計画について

## 移動式クレーン Planning 百科

社団法人日本建設機械化協会機械部会建築生産機械技術委員会移動式クレーン分科会（石倉武久分科会長）では、約2年間の編集作業を終え標記の図書を刊行しました。

本書は、

- ・建築工事計画担当者、
- ・工事担当者、
- ・作業実施担当者、

にとって、短期間に移動式クレーン作業の要点を習得するのに最適な書物です。担当する建築工事に適合する移動式クレーンをより迅速に、より効果に選定・運用する際に大いに活用下さい。

A4判 159頁 定価2,000円（消費税別） 送料400円

### 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

## 編集後記

早いもので、新年が改まり、もう2カ月が経とうとしております。暦の上では如月。節分、立春と、季節の変わりを刻んでいます。日本海側を中心に例年にない豪雪の便りを耳にする今日この頃です。この豪雪、昨年の度重なる台風や大雨被害に見舞われた地域、新潟中越地震の被災地にも、容赦なく降り続けているようです。

このような厳しい自然環境に立ち向かう人々の手助けになる手段の一つが、申すまでもなく機械や装置だと思います。今月号の特集テーマである「建設ロボット」や、「IT」もこの手助けとなるもので大いに期待されているところです。

ロボットに関する最近の話題として、日本の民謡を踊るロボットの出現と、映画の「アイ・ロボット」があります。

「ロボット」という言葉は、チェコのカレル・チャペックが1920年の戯曲の中ではじめて使ったもので、チェコ語で「強制労働」や「奴隷労働」を意味するとのこと。このなかでロボットは、労働者階級の位置づけで、人間の代わりに労働する

奉仕者であるとしています。このようなことが欧米のロボット観に影響を与えて、欧米人の多くがロボットとは、人間の労働を奪うものであるとして、どこか敵対的な見方をしているとされています。

しかし、日本人はロボットにこうした思いを抱いていない。むしろ民謡を踊るロボットのような、人と友好関係を図るものとしてされてきました。これらが欧米と日本のロボット好きとの違いになっているようです。

さて、この「ロボット」、昨年のような台風による災害、地震などの被災時直後の救助や、復旧に、「建設機械的な機能を有するロボット」、「人命救出ロボット」などがすばやく出現するには、まだ、時間がかかります。1日も早く、もっと多機能化、高度化することによって、人々の手近なところで役立つロボットの出現が多くなることを、日本人としては期待したいものです。

最後にご多忙中にも係わらず執筆頂きました方々に厚く御礼申し上げます。会員各位の皆様ならびに読者の皆様のご健勝とますますのご活躍をお祈り申し上げます。

(夏原・西田)

## 機関誌編集委員会

### 編集顧問

浅井新一郎	石川 正夫
今岡 亮司	上東 公民
岡崎 治義	加納研之助
桑垣 悦夫	後藤 勇
佐野 正道	新開 節治
高田 邦彦	田中 康之
田中 康順	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

関 克己

### 編集委員

星隈 順一	国土交通省
小幡 宏	国土交通省
西園 勝秀	国土交通省
佐藤 隆	農林水産省
伊藤 早直	原子力安全保安院
夏原 博隆	鉄道・運輸機構
軍記 伸一	日本道路公団
新野 孝紀	首都高速道路公団
坂本 光重	本州四国連絡橋公団
山崎 劭	水資源機構
吉村 豊	電源開発
西田 光行	鹿島
和田 一知	川崎重工業
岩本雄二郎	熊谷組
嶋津日出光	コベルコ建機
金津 守	コマツ
山崎 忍	清水建設
村上 誠	新キヤタピラー三菱
芳賀由紀夫	大成建設
星野 春夫	竹中工務店
加藤 謙	東亜建設工業
内田 克己	西松建設
森本 秀敏	日本国土開発
斉藤 徹	NIPPO
梅本 慶三	ハザマ
宮木 克己	日立建機
岡本 直樹	山崎建設
庄中 憲	施工技術総合研究所

### 3月号「建設機械施工の安全対策特集」予告

- ・建設機械施工の安全施策の取組み
- ・建設機械による事故撲滅を目指して
- ・深度50m級のニューマチックケーソン施工における安全対策
- ・鋼・コンクリート複合アーチ橋工事における安全
- ・可燃性ガス噴出の可能性がある地盤でのシールドトンネルの安全対策
- ・碎石現場におけるホイールローダの安全管理
- ・大型重機土工における安全対策
- ・欧州における建設現場の安全衛生管理の現状

## No.660 「建設の施工企画」 2005年2月号

(定価) 1部840円(本体800円)  
年間購読料9,000円

平成17年2月20日印刷

平成17年2月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 小野 和日児

印刷所 株式会社 技報堂

## 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 仙台市青葉区二日町 16-1	電話 (022) 222-3915
北陸支	部 〒951-8131 新潟市白山浦 1-614-5	電話 (025) 232-0160
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 〒810-0041 福岡市中央区大名 1-8-20	電話 (092) 741-9380