

平成 20 年度 (社)日本建設機械化協会  
会長賞、貢献賞、奨励賞、選考委員会賞の受賞技術及び受賞者

会長賞

キャビテーション噴流技術を用いた高速清掃装置

株式会社高速道路総合技術研究所

貢献賞

人道支援のための対人地雷除去機の開発

株式会社小松製作所

超長距離小口径シールド機における機械式地中接合工法

鹿島建設株式会社

奨励賞

「石綿含有吹付け材除去作業専用台車」の開発と実用化

大成建設株式会社  
東京地下鉄株式会社

選考委員会賞

VSPでも安心して使用できる簡易走査形歩道除雪車の開発

国土交通省北陸地方整備局北陸技術事務所

## 会長賞選考概要

### 〔会長賞〕

#### ○キャビテーション噴流技術を用いた高速清掃装置

従来、高速道路における清掃作業は、交通規制を行わなければならないことから、交通傷害や事故・渋滞の原因ともなっていた。本装置は、高速道路において交通規制を要しない、時速 50km（高速道路の最低速度）で走行しながらトンネル内の照明設備やレーンマークを清掃することが可能な多目的高速清掃装置である。通常では抑制に努めるキャビテーション現象を逆に活用した独創的な発想、少量の水量で清掃が済む環境面の配慮、実用性に富み課題解決形技術であるなどの点で評価された。

### 〔貢献賞〕

#### ○超長距離小口径シールド機における機械式地中接合工法

近年のシールド工法では、掘進距離の長距離化と到達立坑が不要となる地中接合方式が増加する傾向にある。特に長距離を掘進する場合、接合部の機能が掘進完了まで有効に保持できるか、接合地点にどちら（受入側、貫入側）のシールドマシンが先着するかのリスクも高くなる。今回開発・実用化したシールドマシンは、地中接合時における受入、貫入両方に対応可能な機構を有し、大掛かりな補助工法が不要で、超長距離掘進を可能とした技術的効果、立坑用地を省く経済性などが評価された。

### 〔貢献賞〕

#### ○人道支援のための対人地雷除去機の開発

対人地雷は、世界中で1億個以上も放置されている。これらの放置地雷による被害が毎年後を絶たない。この対人地雷除去機の開発は、人道的観点から必要性が高い技術であり、国際的な貢献が明らかな点が評価された。

### 〔奨励賞〕

#### ○「石綿含有吹付け材除去作業専用台車」の開発と実用化

近年、環境問題から石綿暴露防止対策が注目されている。石綿含有吹付け材は、地下鉄トンネル側壁、換気口にも一部使用されている部分があることから、これらの恒久的な暴露防止対策として除去することとなった。営業中の地下鉄の運行を止めることなく除去作業をできる作業台車と施工方法が、現実的課題解決という点で評価された。

### 〔選考委員会賞〕

#### ○VSPでも安心して使用できる簡易操作形歩道除雪車の開発

近年は、各種災害や大雪等の場合に、ボランティアの支援活動が注目されているが、ボランティアの活動に限度があるケースが多い。今回開発された簡易操作形歩道除雪車は、熟練のオペレータでなくとも取り扱いが可能な簡易操作方式の除雪車であり、このような技術が普及されるべきであるということから、今回限りの賞として選出された。

トンネル内の照明器具は排ガスの煤煙やトンネル内の浮遊粉塵の付着により明るさが低下していくため、定期的な清掃が必要である。

現在トンネル照明器具はブラシ清掃を行っているが(図-1)、接触式のため清掃速度が時速 1~2km/h に制限され時間とコストがかかっており、また長時間の交通規制によるサービスレベルの低下も懸念されている。そこで洗浄効果の非常に高いキャビテーション噴流技術を活用して清掃速度時速 50km/h (高速道路の最低速度) で清掃を行う高速清掃装置を開発した。



図-1 トンネル照明器具の清掃状況

○技術の特徴 (GPS 連動自動位置合わせ制御装置)

トンネル内に進入しトンネル照明灯具の清掃を行う前に、予めトンネル毎に設置位置が異なる照明器具位置にノズルを合わせておく必要がある。

ノズル位置を照明器具に合わせる時も、50km/h 以上で走行しながら行う必要があるが、手動では困難であるため GPS 装置で現在地とトンネル入口までの距離を計測しながら、段階的にノズルを照明器具位置に自動で合わせる GPS 連動自動位置合わせ制御装置を開発した。(図-2)

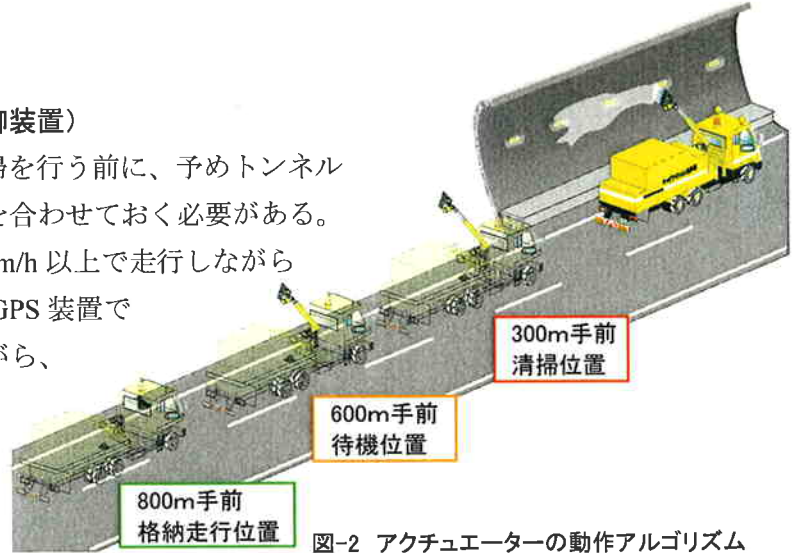


図-2 アクチュエーターの動作アルゴリズム

予めトンネル毎の入口の緯度経度値及び走行車線側、追越車線側各々の灯具位置を計測し、データベース化しておく必要があるが、この GPS 連動自動位置合わせ制御装置により準備段階から清掃まで 50km/h 以上で作業を実施することが可能である。

また、周囲に一般車両が通行している高速道路で、安全に高速で清掃作業を行うために、ノズル部の照明器具等への接触回避機能や接触した場合の衝撃緩和機能等を設けている。さらに、車速低下時にはキャビテーション噴流で照明器具等を破壊しないようにするために自動で噴射を停止させる機能も設け、各種安全対策を行っている。



図-3 高速清掃(50km/h)のテスト状況

現在レーンマークの高速清掃や路面凍結の除去等、様々な用途の拡大を検討中である。

※キャビテーション噴流とは

高速で照明器具を清掃するため、非常に清掃効果が高いキャビテーション噴流技術を採用している。水は流れ中での圧力が飽和蒸気圧より低くなったときに、液体が蒸発し気泡が生じる。気泡は間もなく周囲の圧力により一瞬で潰れる。このとき金属をも破壊する衝撃力が発生する。この気泡発生から消滅までの現象のことをキャビテーションという(図-4)。キャビテーション噴流は一般的なウォータージェットに比べて水圧と水量が少なく、時速 50km/h での清掃時には洗浄水はほとんど気化して霧散する。



G(ギガ)Paの衝撃 (大気圧0.1MPa)

図-4 キャビテーションの概要

## 【貢献賞】

## 超長距離小口径シールド機における機械式地中接合法

鹿島建設株式会社

近年シールドトンネルにおいても、コスト低減、効率化が求められる中で、シールド機1台あたりの掘進長の長距離化と、シールド機の到達方法として到達立坑が不要な地中接合方式が増加する傾向にある。東京ガス(株)中央幹線建設工事では、延長23.1kmの高圧ガス導管トンネルを5台のシールド機(最大掘進長6.3km)で掘進し、そのうちの4台を2箇所(2箇所)の接合地点で地中接合させた。シールド機の機械式地中接合は数多くの実績があり、その方式も接合地点の状況に合わせて数種類ある。今回の工事では、外径2.4mのシールド機を6.3km掘進させた後、地上部を一切使用せずに土被り50mの帯水層下で接合させるという条件から、長距離掘進後でも接合部の止水機能低下のリスクを低減でき、かつ接合地点への到達順序に左右されないDKT-G(Direct Docking Tunnel-Gas)工法を開発し、地中接合を行った。



写真-1 接合(貫入)状況



写真-2 凍結状況



写真-3 止水完了状況

### ◇ 本工法の特徴

- ① シールド機は受入・貫入のどちらにも対応できる機構を有しており、接合地点に先着したシールド機が受入側として接合準備を行うことができ、受入機の到達遅れなどによる工程の遅延が発生しない。
- ② 接合部の止水には止水材の充填と貼付凍結の併用方式を採用したことにより、複雑な止水機構が不要となり、長距離掘進後の接合機能低下の可能性が少ない。
- ③ 凍結に求める機能は止水のみであるため凍結範囲は少なく、かつ凍結期間も止水が完了するまでの極めて短期間であり、凍上や解凍による沈下の可能性も少ない。また凍結設備は台車に搭載し坑内にすべて設置したので、接合地点における地上作業場所の確保は不要である。
- ④ 想定外の土質に遭遇しビット交換が必要になった場合や、地中障害物の出現で前面作業が必要になった場合でも、カッターディスクを引き込んで施工することにより、大掛かりな補助工法なしで施工可能である。

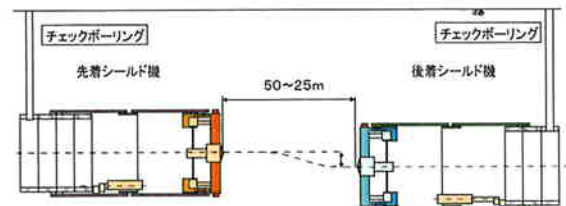
### ◇ 施工実績

2箇所(2箇所)の地中接合とも高精度で接合が完了したとともに、当初の工程(4ヵ月)を大幅に短縮し、2ヵ月で接合準備からシールド機の解体までを完了することができた。

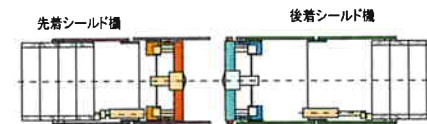
### ◇ 今後の展開

DKT-G工法は小口径シールドにおける超長距離・大深度掘進後の機械式地中接合法として、今後の採用拡大が期待される。

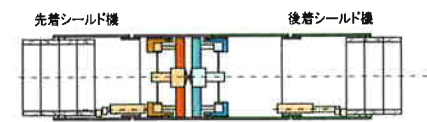
### 1. シールド機相対位置確認(チェックボーリング孔利用)



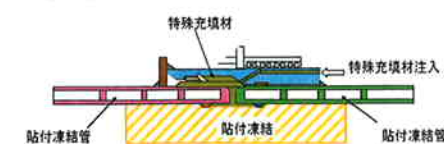
### 2. 先着側: 接合準備(スキンプレート押し出し・カッターヘッド引込み) 後着側: 修正掘進



### 3. 接合(後着側カッターヘッド押し出し)



### 4. 接合部止水(充填剤注入・貼付凍結)



接合部止水概略図

図-1 接合ステップ

## 【貢献賞】 人道支援のための対人地雷除去機の開発

世界中に1億個以上も放置された対人地雷。毎年多くの市民や除去作業員が被害を被っている。

コマツは、2003年の経済産業省と(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下、NEDO)による助成金事業で人道支援のための対人地雷除去機を開発した。2004年にはアフガニスタン、2006年にはカンボジアで、外務省と(財)日本国際協力システム(以下、JICS)による研究支援無償プロジェクトにより現地実証テストを実施した。

地雷除去機に要求される項目は、①除去の確実性と高い速度(確実に速く地雷を除去できること)、②機動性(凹凸や急傾斜地、及び植生のある地盤でも稼働できること)、③耐久性(爆破の衝撃に耐えること)、④除去後の探知作業が容易なこと。現地テストの結果、両国の様々な地盤条件でも500m<sup>2</sup>/hの作業速度を実証。これは手作業の約25倍以上もの能力を発揮することになる。

対人地雷除去機のベースマシンは、オシレーション機能により凸凹地でも走破性が高いブルドーザとし、安全に操縦できる様にラジオコントロールシステムも搭載した。また、先端の除去ロータのビットの配列も試作検討し、高効率なM型計上を開発した。更には除去ロータの回転数を検知し、車体の移動速度を制御する電子負荷制御も搭載した。



写真1 地中の対人地雷



写真2 地雷の犠牲者



写真3 地雷除去作業



写真4 対人地雷除去機



図1 オシレーション機能



写真5 ラジコン



図2 M型配列除去ロータ

延べ半年にも及ぶアフガニスタンとカンボジアでの現地実証テストの結果、急斜面でも、また灌木のある地域でもオールラウンドに使用できることを実証し、かつ下記の高い作業速度を達成した。この甲斐あって2007年夏に#1号機をアフガニスタンに、また#2号機以降をカンボジア等に納入予定である。



写真6 約30度の勾配



写真7 ラジコン操縦と灌木の更地化

[単位] 面積:m<sup>2</sup>、作業速度:m<sup>2</sup>/h

2004 アフガン	平坦地	面積	2,500
		作業速度	621
	起伏地	面積	1,500
		作業速度	545
2006 カンボジア	岩地	面積	1,600
		作業速度	505
	灌木地	面積	54,000
		作業速度	508

表1 現地実証テスト結果

最後になりますが、対人地雷除去機材の開発が成功したのも、開発の協力に支援頂いた、日本政府関係者や海外の地雷除去関係者の多大なる支援の賜物でもあります。今後は、この機材と共にアジアやアフリカ等で地雷の被害に苦しんでいる地域住民のために貢献していきたい。



【奨励賞】

「石綿含有吹付け材除去作業専用台車」の開発と実用化

東京地下鉄株式会社  
大成建設株式会社

東京地下鉄(株)は平成17年7月に地下鉄駅を含む全施設で石綿の使用状況を調査した結果、地下鉄トンネル側壁部(1,190㎡)と換気口部11箇所(計1,018㎡)において、列車騒音の緩和を目的に使用されていたことが確認された。これらは石綿の吹付け工法が禁止される以前の昭和39年～49年に施工されたものであり、大気中への飛散は認められなかったものの、安全最優先の考えのもとに、恒久的な石綿暴露防止対策として石綿の完全除去を行なう方針とした。この除去工事では石綿の飛散防止に加え日常の列車運行に支障を及ぼさないことが条件とされた。そのため、トンネル坑内専用の「石綿除去専用台車」を考案・実用化し、加えて夜間の列車運行終了後の限られた時間で石綿の除去が可能となる「ブロック分割除去工法」を開発・施工した。

「石綿除去専用台車」トンネル部用と換気口部用の2編成があり、短時間で管理区域となる作業空間が確保できる。その作業空間は負圧を維持でき、確実に石綿の飛散を防止する構造を有する。作業台車は管理区域を形成する為に油圧で位置調整が可能なアジャスタブル機能を有し、除じん機や差圧計、環境測定機器、エアコンディショナー等、各種の設備を装備し作業環境の安全性と快適性の確保にも十分に配慮してある。

「ブロック分割除去工法」

石綿除去作業に先行して、トンネル側壁部の列車通過に支障しない位置に着脱可能な囲い込みパネルで石綿を遮断する。開発した専用台車を側壁に横付けし、これの作業空間を接続、一日の施工範囲となるパネルを取り外して、密閉・隔離された管理区域を形成し石綿除去作業を行う。

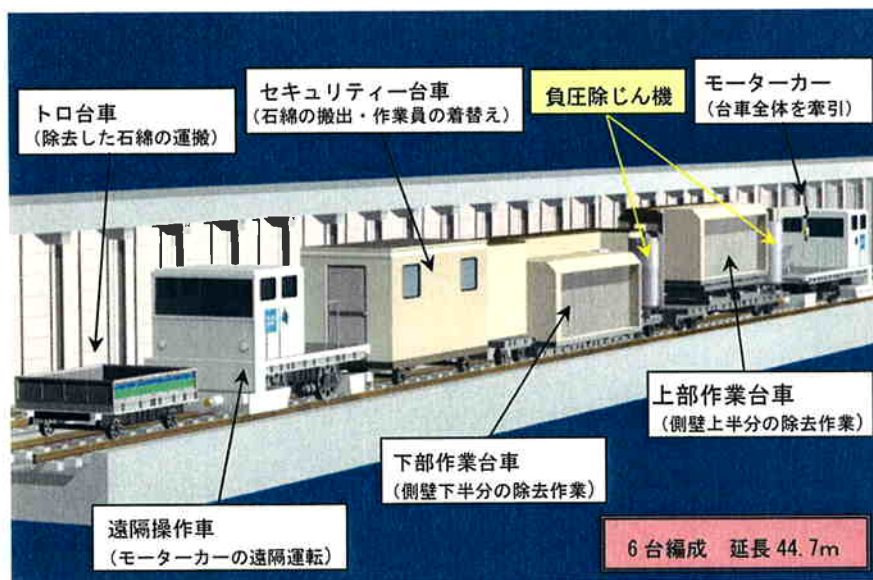


図-1 トンネル部石綿除去作業専用台車



写真-1 「ブロック分割除去工法」  
囲い込みパネル取り付け全景



写真-2 トンネル部石綿除去作業専用台車

「ブロック分割除去工法」及び「石綿除去専用台車」は時間的な制約、現場環境の制約、社会的な影響を考慮した場合、着手出来なかったトンネルに代表される長大構造物の石綿の完全除去に突破口を開いたと考える。今まで、様々な制約のために石綿の完全除去を躊躇していた事業者にとって適用、応用の効く技術である。

一人乗りの歩道除雪車(1.0m級)は、5本の操作レバーで除雪装置の上下・左右・前後の傾きと投雪方向・距離の調整を行うとともに、雪質や積雪深さに応じて変動するエンジン音と投雪状況を感じ取って除雪速度をコントロールするため、操作が非常に難しく経験を要する機械である。特にボランティア・サポート・プログラム(VSP)で施工する除雪機械のオペレータは経験が浅いため、シュートの雪詰まりによる作業効率の低下や、操作レバーの持ち替え時の視点の移動による安全性の確保が困難などの課題を抱えていた。

北陸技術事務所では、これらの課題に対応するため、歩道除雪作業の安全性・操作性の向上に加え、除雪コストの縮減により歩道除雪の拡充を図ることを目的として、簡易操作型歩道除雪車の開発を行ったものである。

◇簡易操作技術の特徴

開発にあたり低コスト化を基本方針として、従来型を改造(センサー、バルブ等の既製部品追加)する範囲で以下の4技術について検討、実用化を行った。

①-1 雪詰まり防止機構(過負荷時走行停止機構)は、フロア回転数を検知し、処理能力以上の雪を取り込み過負荷となってフロア回転が低下した時点で車両の前進を自動で停止させ、シュートの雪詰まり発生を防止する機構である。これにより、オペレータは除雪時の負荷調整が不要となった(図-1)。

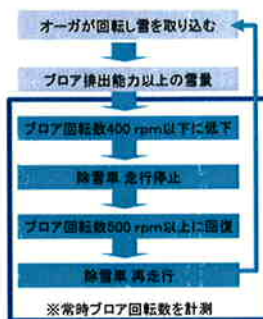


図-1 過負荷時走行停止機構のフロー



写真-1 簡易操作型歩道除雪車の運転室

①-2 雪詰まり防止機構(積雪深別速度制御機構)は、除雪開始時の積雪深を入力すると作業速度の上限を自動的に設定する機構である。これにより、過負荷が予防され、経験の浅いオペレータでも熟練オペレータ並の作業速度が得られる(写真-1)。

② 集約型操作レバーは、複雑であった従来型の5本レバーを1本のジョイスティックレバーに集約した機構である。これにより、レバーの持ち替えが無くなり、操作回数が低減し、ハンドル操作に集中できるため操作性、安全性の向上が図られた(写真-2)。

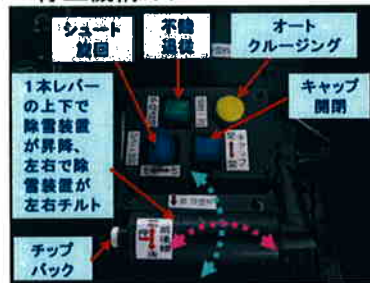


写真-2 集約型操作レバー

③ 不陸追従機構は、歩車道間の段差や不陸に除雪装置が追従する機構である。これにより、不陸部での除雪装置の操作が大幅に軽減され、オペレータはハンドル操作と投雪位置制御に専念できるようになり安全性、施工品質の向上が図られた(写真-3)。



写真-3 不陸追従式補助ソリと施工状況比較

④ ワンタッチ式シャーピンは、作業装置の安全装置であるボルトナット式シャーピンを、工具不要なワンタッチ式としたものである。これにより、作業員の負担軽減と交換時間の短縮が図られた(写真-4)。



写真-4 ワンタッチ式シャーピン

◇導入効果

今回開発した技術を搭載した簡易操作型歩道除雪車(1.0m級)の導入効果は、経験が浅いオペレータによる従来型の操作に対して①作業速度:最大 1.5 倍(作業効率 30%アップ)、②レバー操作回数:200 回→10 回(95%減)、③残雪量:4cm 前後→0cm、④シャーピンの交換時間:103 秒/本→52 秒/本(50%減)、⑤コスト評価:約 13%のコスト縮減(年間100時間稼働)となった。また、経験が浅いオペレータでも熟練オペレータに劣らない除雪作業が可能となり、歩道除雪におけるボランティア・サポート・プログラムの拡充と安全で施工品質の高い除雪作業が可能になると期待される。

## 1. 表彰の目的

日本の建設事業における建設の機械化に関して、調査研究、技術開発、実用化等により、技術の向上に顕著に寄与したと認められる業績を表彰し、もって建設事業の高度化を推進することを目的とします。

## 2. 表彰対象者

表彰は、協会の団体会員、支部団体会員、個人会員および関係者のうち、表彰目的に適合する業績のあった団体、団体に属する個人およびその他の個人を対象とします。

## 3. 表彰の種類

会長賞、貢献賞および奨励賞

## 4. 応募期間

平成19年11月30日(金) から 平成20年1月18日(金)

## 5. 選考の方法

応募資料に基づき、会長賞選考委員会において選考

## 6. 平成20年度 会長賞選考委員会委員

委員長	深川良一	立命館大学 理工学部 教授
副委員長	高橋 弘	東北大学 大学院環境科学科 教授
委員	阿部雅二郎	長岡技術科学大学 工学部 准教授
	飯島 尚	(社) 日本建設機械化協会 施工部会部会長
	佐藤宏郎	(財) 高速道路技術センター 理事長
	中野正則	国土交通省 総合政策局 建設施工企画課長
	前川秀和	国土交通省 大臣官房 技術調査課長
	松隈宣明	(社) 日本建設機械化協会 専務理事
	山口温朗	(独) 水資源機構ダム事業部長
	山元 弘	(独) 土木研究所 技術推進本部先端技術チーム 主席研究員