

## 平成14年度 建設機械と施工法シンポジウム

社団法人日本建設機械化協会主催による平成14年度の建設機械と施工法シンポジウムは平成14年10月25日(木)～26日(金)の両日、東京都港区の機械振興会館で開催された。

シンポジウムは「土工とその機械」2件、「舗装とその機械」2件、「建築とその機械」1件、「環境・リサイクルとその機械」2件、「トンネルとその機械」8件、「維持とその機械」3件、「コンクリートとその機械」1件、「自動車・ロボット化・施工管理」12件、「その他の機械」1件、計32件と建設機械が直面する広範囲にわたる論文が発表され、熱のこもった討論が展開された。

本シンポジウムの詳細は論文集に譲るとして、ここでは概要を当日の座長にとりまとめて頂いた。

キーワード：建設機械、土工、舗装、トンネル、維持管理、コンクリート、自動化、ロボット、施工

### [1] 土工とその機械

(座長：佐藤成美)

「垂直リボンスクリューコンベヤの実用化」(日立造船)  
大深度化が進む地下トンネル工事の掘削土砂揚土方法の一つとして、高揚程垂直リボンスクリューコンベヤの開発を進めている。スクリーン外径φ300、揚程5.25mの実験機で、現場発生土である礫混じり砂質土に水分を加えた塑性流動化土砂の材料を使い実験した結果、理論値と実験値がほぼ一致したという報告であり、今後垂直運搬設備として多様な材料の搬送ができることが期待される。

「おむすびローラ(クローラ式振動締め機)の開発」(コマツ)

従来型の振動ローラとは異なったクローラを用いた振動締め機を開発した。今までのローラ型の性能向上策としては、車輻の重量や起振力を増大させ、締め性能を向上させているが、車輻の大型化に伴う輸送や経済性に問題が残る。これらを同規模で高性能を発揮させるために、クローラ式車輻による振動締め機を開発、品質確認の結果を踏まえ量産車の開発を行った。特長としては、厚層の締めが可能、転圧面を痛めない、転圧面が平滑である等があり、今後あらゆる土質に対するデータを集積し、新しい振動締め機として期待される。

### [2] 舗装とその機械

(座長：佐藤成美)

「二層同時舗設式舗装と施工機械の開発」(日本舗道)  
道路利用者や沿道住民のニーズの多様化や建設コストの縮減、環境保全等、社会的ニーズに対応した二種類のアス

ファルト混合物を同時に敷きならすことができるアスファルトフィニッシャ「DLペーパー」(ダブル・レイヤ)と、これを用いた二層同時舗設式舗装「DLペープ」工法を開発・実用化した。DLペーパーは大型アスファルトフィニッシャをベースマシンとし、上下層の各々にホップ、コンベヤ、スクリーンがあり、二層同時舗設装置が装備されている。

DLペーパーは、二種類の異なるアスファルト混合物を上下層に分けて同時に敷きならし、ローラで同時に締め固めて仕上げる工法で工期短縮、舗装体の構造強化、コスト縮減等の特長がある。平成13年から4箇所の施工実績がある。

「レジンモルタル充填機の開発」(日本舗道)

排水性舗装工事における従来のパーマス工法(Permeable Resin Mortar System)のレジンモルタルの充填作業は人力に頼るところが多く、品質にも課題があったので、敷きならし、充填、余剰モルタルの掻きとり作業を1台で行うことができるパーマスペーパーを開発した。施工の省力化、品質の向上ができるパーマス工法改善策の報告である。

### [3] 建築とその機械

(座長：佐藤成美)

「全自動ビル建設システムによる超高層ホテルの施工」(大林組)

1993年、1998年と過去2件の実績のある全自動ビル建設システム「ABCS」に使われた全天候型ビル建設工場「SCF(Super Construction Factory)」に、性能向上に関する項目の適用は最小限に留め、工期短縮、労務削減を主眼とした改良を施し、地上33階建て超高層ホテルの現場に採用した。

実績として、工程の短縮、作業環境・周辺環境の向上に

寄与したが、継続的な工事適用と普及を図るためには、システムの汎用性の拡大と標準化の推進が望まれるところである。

#### [4] その他の機械

(座長：佐藤成美)

「基礎処理工事の合理化を目指した高所ボーリングマシンの開発」(間組)

ダム基礎処理工事のコンソリデーショングラウチングの内、面状工法での堅硬な岩盤、急峻な堤敷面で、法面に足場を組立てることなく、中央内挿法による施工を維持できる自走式高所ボーリングマシンを開発した。機械概要はバックホウ(0.65 m<sup>3</sup> ロングブーム付き)にパーカッション式削孔機を組合せ、165 kg ドリフタを搭載、ロッド径 38 mm、削孔深さ 7.5 m、最大削孔高さ 10.0 m を施工することができるものである。今現場では堤体コンクリート打設に影響を与えることなく、削孔延長 10,000 m を施工した。

#### [5] 環境・リサイクルとその機械

(座長：木下幹雄)

「脱水ケーキの植生土壌化」(電源開発)

濁水処理工程から発生する脱水ケーキを植物が生育する土壌に改良して、再利用するものである。脱水ケーキにバーク堆肥と発酵鶏糞堆肥を添加したものが、「植生土壌化プラント」で混合・養生され、土壌緑化基盤材として供給される。プラントの特長は、自動切返し機により大量の混合土を均一にはぐしながら運搬し、混合土内部に空隙をつくり、エアレーションを加えることで好気性条件を作り出すことである。これによって脱水ケーキを短期間のうちに植生土壌として物性を改善することができる。

「ダム工事における植生土壌化システムの開発」(佐藤工業)

ダム工事で発生する伐採材を堆肥化し、同じく発生する脱水ケーキと混合して土壌緑化基盤材を製造するという、建設副産物をリサイクルしたものである。伐採材をチップ化する機械、堆肥化に使用する機械、及び混合プラントは一般的な機械の組合せであり、熟練した技能は特に必要としない。当システムは、いわゆる「工場生産」イメージとは異なり、ある程度のヤードが確保できれば、簡単に移動・架設が可能であり、極めて汎用性が高いのが特徴である。

#### [6] トンネルとその機械

(座長：木下幹雄)

「拡大・縮小シールド工法の開発」(清水建設)

掘削しながら、任意の位置で何回でもシールドトンネル断面を拡大・縮小するものである。伸縮カッタを伸張し、拡大断面の掘削を行い、空洞部分に地山保持材をシールド

機内から注入して充填する。拡大掘削準備後、地山保持材を機内に取込みながらシールド機胴体の両側部を張出す。拡大掘削終了後、シールド機胴体の拡大部を元の位置に戻し、伸縮カッタを縮めて通常掘削を行う。掘削途中で断面変化を必要とする地中送電線やガス導管工事や、坑内搬送レールの一部複線化をする場合に役立つ。

「上向きシールド工法の開発と実証施工」(大成建設)

地下から地上へ向けての掘削を可能としたことで、地上から立坑を構築することが困難な場所でのスムーズな作業を実現した。シールド機は泥土圧式で、上向きに掘削することから土砂の取込み量の管理、すなわち切羽の安定を図る特別な構造になっている。既設トンネル内から発進し、到達は、事前に施工されたマシンに見合った浅い立坑の中でクレーンで回収される。この方法で深さ 20 m~30 m の立坑を 3 本施工した。

「機械式 T 字接合シールド工法 (T-BOSS 工法) のシールド機」(東急建設)

シールド機に格納装備された切削補強リングにより既設トンネルを直接切削・貫入し、新設トンネルを T 字形に機械接合する新しい地中接合である。接合予定の既設トンネル内での作業ができないケースとできるケースでの 2 種類の工法がある。既設トンネル覆工部と切削補強リングとの空隙には、シールド機から止水充填材を注入することにより地盤改良を行う。地上から地盤改良等が出来ない大深度での地中接合に適用できる。

(座長：河井征彦)

「山岳トンネル工事における爆薬の遠隔装填システムの導入」(熊谷組)

山岳トンネル工事における発破掘削方式での爆薬の装填作業による、切羽における肌落ち、崩落からの人力作業による危険性の回避を目的とした遠隔装填システムの開発と実作業における安全性の向上と効率化についての報告である。

爆薬遠隔装填システムは、爆薬供給、タンピング材供給、装填機の各装置と装填ホース、装填パイプ、手元スイッチからなる 2 セット一体としたシステムで構成されている。爆薬装填システムは、爆薬装填の遠隔操作で爆薬を機械的に取扱う場合の安全性を実現した。本システムの開発、実用化により、爆薬装填作業における安全性の向上のほか密装填による発破効率、作業性の向上が図られた。

「三次元 TSP システムの現場への適用」(佐藤工業)

最近では、山岳トンネルにおいて掘削時に切羽の進行に伴い、切羽前方の地山予測が行われるようになってきている。

本発表は、3 次元 TSP (Tunnel Seismic Prediction) システムの概要と現場適用事例の予測結果、予測精度と今

後の課題等についての報告である。3次元 TSP システムは、トンネル軸方向、鉛直方向及び直行方向の3成分の反射波を使うことにより切羽前方の地山変化を3次元的に予測するシステムである。適用事例では、反射面が地層境界なのか亀裂帯、風化帯なのかといった、地山の性状を予測が可能であり、その精度も数mの範囲であり、切羽前方探査において有効な手段であった。

#### 「New PLS 工法の施工への適用」(日本道路公団・ハザマ)

プレライニング工法のひとつである New PLS (Pre-Lining Support) 工法の概要、機械の概要、施工実績についての報告である。New PLS 工法は、トンネル掘削に先だって切羽前方のトンネル外周をチェーンカッターで切削し、コンクリートを即時充填しスリットコンクリート(プレライニング)を構築し、その後トンネル掘削を行う工法である。

本工事は、トンネル延長 346.5 m で地質は泥岩層の一軸圧縮強度は 1.7~10.8 MPa、新鮮部で平均 7.3 MPa、風化部で平均 2.5 MPa、盛土部はルーズで平均 *N* 値 13 でトンネル全線の約半分(150 m)を占めていた。また、先受け長さを従来の 2.0 m から 3.0 m に変更して施工したが、どの地層でも施工後の内空変位、地表沈下量共、良好な結果を得ることができた。

#### 「移動式プロテクタを用いた発破によるトンネル活線拡幅工法(エルトン)の施工」(佐藤工業)

移動式プロテクタを初めて導入した一般国道工事(トンネル延長 98.5 m、幅員 6.0 m~幅員 9.75 m)で一般の通行を確保したままでの活線拡幅工事における施工を可能にした、移動式プロテクタの仕様と発破による安全管理を中心とした報告である。

発破システムは非電気式起爆システム(ノネル)による制御発破を採用し、プロテクタへの負担、発破振動等を考慮して、一段あたりの爆薬量を控え、単位面積(m<sup>2</sup>)当たりの削孔数、段数も増やした。移動式プロテクタの進行方向側の全区間に安全を重視してコンクリート塊の小規模な崩落に耐えうる簡易プロテクタを配置し施工した。移動式プロテクタには発破による損傷は見あたらず、発破振動による崩落も生じず、交通を確保しながらの発破工法によるトンネル拡幅工事を無事終了した。

#### 「プロテクタを用いたトンネルの活線拡幅施工」(福岡北九州高速道路公社・ハザマ)

2車線の重交通を供用しながら、トンネルを2車線から3車線に拡幅し、加速車線を設ける工事において、計画から施工を通じてのプロテクタ工、トンネル掘削工を中心とした報告である。プロテクタは、構造を薄肉化するとともに、プロテクタを低クリアランスとし内空断面を確保した。プロテクタのほかに掘削スペースが必要であり、建築限界に対して余裕のある断面とし比較的大型の汎用重機が使用できるトンネル断面とした。

掘削は、プロテクタを設置しているものの供用線の直下での施工となるため、発破掘削はできず、機械掘削によらざるを得なかった。プロテクタの設置については、厳しい条件下の施工であったが、品質面、工費、工期面でも満足出来る結果であった。

### [7] 維持とその機械

(座長：増子文典)

#### 「鉄道営業線における軌道走行式トンネル補強システム」(東急建設)

軌道走行式トンネル補強システムは、従来から施工が困難であった鉄道単線断面トンネルの補強工事において、き電停止時間内に軌道上を走行しながらトンネルを補強する機械システムである。このシステムは各種補強方法に合わせた最適な車両編成が出来、鋼支保工建込み工、コンクリート吹付け工、ロックボルト打設工等の補強工事が可能であり、また作業時間が線路閉鎖後の作業となるため、夜間の短時間内での可能となるように省力化を図っている。このシステムを導入することにより、労働集約型の施工方法に比べ施工の効率化、安全性及び品質向上を実現した。

#### 「トンネル覆工連続打音点検システムの開発」(国土交通省)

トンネル覆工コンクリート異常部の点検方法で主流となっている人力での点検ハンマによる打音点検に代わり、剥離や内部空洞を検知し、かつ剥離部の除去を効率的に行う連続打音点検システムである。

このシステムは、連続的に打音を発生させる打音発生装置と移動しながら調査を行うための懸架装置及びベースマシン、発生音をリアルタイムに解析する装置、粉塵回収用の周辺機器類で構成されている。供用中の実トンネル3箇所での適用性試験を行った結果、従来の点検方法と比較して飛躍的に施工能力が向上した。

#### 「歩道下空洞探査車の開発」(国土交通省)

歩道下空洞探査車は、都内の国道歩道部で大規模な陥没が発生したのをきっかけに、電磁波を用いた歩道部の空洞調査を効率的に行うために開発されたものである。この空洞探査車は探査深度 80 cm、探査幅 1 m、探査速度 5 km/h、探査対象 30×30×7 cm 以上の空洞、平面形状をモニタできることを目標に開発され、現場実証試験において事前に行われたハンディ型レーダ探査及び開削による調査結果と比較して空洞の寸法、形状など概略的な把握は、この歩道下空洞探査車により十分対応できることが立証された。

### [8] コンクリートとその機械

(座長：増子文典)

#### 「ダム用コンクリート運搬設備ライジングタワーの開発」(清水建設)

ライジングタワーは、ダム建設事業における環境保全に

配慮したコンクリート運搬設備として開発されたものである。ケーブルクレーンは、カバーエリアが大きい代わりに堤体の両側の地山を切り取り設置することになり、環境保全面では必ずしも最適工法であるとは言えなかった。ライジングタワーはバンカ線と打設面の固定点の間を上下往復させることにより、コンクリート運搬の単純化を達成した運搬設備であり、主要構成機器は、タワーマスト、コンクリートバケット、バケットの巻上げ・横行装置、ジブ、ガイドマスト、セルフクライミング装置から成る。

#### [9] 自動化・ロボット化・施工管理

(座長：増子文典)

##### 「建築仕上げ・設備資材の自動化搬送システムの開発」 (大林組)

超高層建物における仕上げ・設備材の揚重作業を効率よく進めるために機械化・自動化を目的として開発されたものである。このシステムは、自動フォークリフト、建設資機材に対応した立体ラック棚、自動移載装置等の自動化搬送設備とインターネット利用による Web 揚重管理システムにより構成される。揚重機の稼働率は従来方式 77.1% に対し、この自動化搬送システムを用いることにより稼働率は 85.4% に改善されている。特に、揚重関連労務の 45% が省力化されているのが顕著である。

##### 「フラッシュ接合システムの開発とアンダーピニング工事への展開」(竹中工務店)

フラッシュ接合システムは、狭隘な空間で施工されるアンダーピニング工事において、建設工程のクリティカルパスとなる杭の溶接工程にフラッシュ溶接を用いることにより、大幅な工程短縮を図ることを目的として開発されたものである。従来のフラッシュ溶接装置は、大きな電力が必要であり、重量も 50t 以上と非常に重かったが、このシステムでは低電力化、軽量化を図ることによりアンダーピニング杭溶接・圧入工事の工程短縮と省人化を実現した。

(座長：村本利行)

##### 「トンネル覆工コンクリート打音診断機の開発—トンネルドクター“ソニックマイスター”の開発」(大成建設)

トンネル覆工コンクリートの健全性診断を人力による定量的な判断の困難性及び苦渋作業から開放するため、客観的かつ迅速に行う目的で、車に搭載したロボットの先端に、5 個の打撃装置と打音収録装置を取付けた打音診断機の開発報告である。

本装置は、油圧駆動の打撃ハンマで打音を発生し、発生する反射音を、人間の聴覚アルゴリズムを利用した手法により解析し、健全性を「早く、確実に」診断するものである。実証実験によりその有効性は確認された。今後、システムの信頼性向上と機能を増やし高度化していくつもりである。

##### 「軌索式ケーブルクレーンによるダム用コンクリート自動搬送システムの開発」(大林組)

従来開発した両端移動式等のシステムを基本に、多量の走行路掘削を必要としない標記システムの開発と、世増ダムで実用化に成功した報告である。本システムは、事前に簡単なパラメータを入力することにより、コンピュータからの指令により以下のことを自動的に行うものである。最適な振れ止めを行いながら打設位置へ正確に移動し、打設面での安全を確認してコンクリートを放出する。放出完了後バケットは、バンカ線まで移動し、GPS によって振れを検知して、振れ止めを行いバケット台車に着床する。

##### 「工事中接近警戒自動認識システム」(大成建設)

コンピュータによる画像認識技術、ネットワーク技術を利用することで、建設現場での自動監視及び施工データの収集を省設備、低コストで実現したのもであり、システム概要及び橋梁工事での実施例と他への応用例の報告である。

本システムは、警戒エリアへの異常接近を画像認識し、警報処理を行う自動監視システムと警報データ及び現場に設置されたセンサなどの計測データを伝送する PHS ネットワークを中心に構成されている。警戒エリアの設定で移動方向、速度を検出し、侵入物判断ができる。この技術は、様々な情報収集の応用可能性を示しており、展開していきたい。

##### 「透光性遮音壁清掃機械の開発」(国土交通省近畿技術事務所)

道路に設置されている透光性遮音壁に付着する粉塵等を清掃し透光性を維持する必要から、安全かつ効率よく清掃できる機械の開発報告である。透光性評価及び清掃効果を色彩色差計による明度を用い、新品を基準に明度差で管理することとし、機械は、配水管清掃車に昇降式ノズル群、壁面距離 0.8 m 保持等の機能を付加し、走行速度 5 km で洗浄水圧力 15 MPa の車載式非接触高圧水洗浄方式とした。人力と機械化後の清掃効率を比較してまとめた。今後、多様なパネル設置状況等の課題に対応し、実作業の運用方法を確立したい。

##### 「無人測量システムの開発」(フジタ)

雲仙・普賢岳における無人化施工区域内災害復旧工事において、いまだ有人で行われている測量作業のうち、土砂型枠のライン出し測量と出来形測量を無人化するシステムの開発と、前記工事導入結果の報告である。本システムは、

- ① 微小位置決め操作が可能な XY テーブル機構付きマーキング機構搭載重機
- ② トータルステーションシステム
- ③ 制御ユニット

の 3 つの部分で構成されている。有人によるマーキングに対しての誤差は、目標の 20 mm 以内の範囲にほぼ入り、測量時間も 5 分以内であることが確認できた。

(座長：梅本慶三)

#### 「無人化施工によるリサイクル緑化工法の実施」(長崎県・熊谷組)

遠隔操作による無人化施工を法面緑化で実施した。リサイクル緑化工法は、チップを混入した現地発生土をミキサで攪拌し、団粒化させた生育基盤材料をバックホウのアームに取付けられた高速コンベヤによる撒出し装置で、法面に生育基盤を造成する工法である。

今回の無人化は、材料の運搬(無人重ダンプトラック)、積換え(無人バックホウ)、法面施工(無人バックホウ)である。無人化による吹付け作業の能力低下は少なく、安定した施工が実証できた。

#### 「土の締固め遠隔管理システム」(大成建設)

盛土工事における締固め機械の3次元走行軌跡情報をGPSや自動追尾トータルステーションを用いて追尾し、品質管理の高度化に向け、さらにシステムの改良を実施した。

主な機能の改良点は、振動転圧輪の通過判定手法、既転圧区域に接する新規転圧区域でのデータ管理、盛立て層情報の管理、転圧情報の電子ファイル登録前の確認方法などである。効果は、品質管理が面的・盛立て層単位ででき、機械稼働状況が遠隔地でも管理できる。システム機能の実用性は実証された。

#### 「深層混合処理機の施工精度管理システムの開発」(竹中土木・竹中工務店)

深層混合処理機の先端位置をリアルタイムに演算する軌

跡管理システム(ジャイロ、傾斜計、パソコン)と処理機先端部を能動的に制御できる機能を付加し、先端位置を方向制御できるシステム(油圧ジャッキ、ワイヤ)を開発した。実証実験の結果、先端部の変位は制御され、このシステムにより建入れ精度の確保が容易・確実となり、オペレータの作業負荷軽減、施工能率・品質の向上によるコスト低減、産業廃棄物の抑制等の効果が期待できる。

#### 「ジオファイバー工法(連続繊維複合補強土工法)の機械化施工」(日特建設)

地山補強土工、連続繊維補強土工、植生工を組合せたジオファイバー工法のうち、連続繊維補強土工(法面上で砂質土と連続したポリエステル繊維を均一に吹付け混合して連続繊維補強土壁を構築する)に、連続繊維供給システム、砂質土供給システム、ハンディタイプ(供給ノズルを人力で操作)、ロボットタイプ(供給ノズルをバックホウに搭載)等を用い、機械化施工を実施した。この結果、品質が安定し、施工管理しやすく、施工性の向上が図れた。

#### 「三次元レーザスキャナを用いたプラント配管現状図作成技術」(三井建設)

対象物の計測を非接触で行い遠隔観測が可能という三次元レーザスキャナを用いて、今回プラント配管計測及び計測データ解析による配管現状図作成業務に適用・導入した。

効果は、足場等の仮設物を設置する必要がなく、仮設置時間を考慮すると在来より短時間で計測ができ、変更部現状図の作成が短時間でできた。現地計測・図面作成時の人的ミスの軽減も可能であり、精密な配管図が作成できるため、改造配管部が工場で作成できる。 JICMA

## 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