

## 20. 多機能型コンクリート舗装機械の開発

### シリンダフィニッシャの多機能性検討

大成ロテック株式会社  
大成ロテック株式会社  
大成ロテック株式会社

○田中 純  
平野 晃  
関口 峰

#### 1. はじめに

我が国の道路舗装は、実用的な面でアスファルト舗装とコンクリート舗装に大別され、その内の約95%をアスファルト舗装が占める。しかし、アスファルト舗装は、近年の原油価格高騰によるアスファルト材料単価の上昇や原油精製技術の向上に伴うアスファルト生産量減少の影響を受け、施工単価が、コンクリート舗装と均衡傾向にあり、ライフコスト等を勘案すると将来的にはコンクリート舗装の方が低コストであるとの見通しもある。国土交通省は、このような世情を見据え、平成24年度道路予算概算要求においてコンクリート舗装を積極的に導入する指針<sup>1)</sup>を示している。

大成ロテック(株)では、現在の経済状況を考慮した道路建設のコスト削減を踏まえ、コンクリート舗装工事における施工の効率化・合理化による工期短縮、コスト削減、並びに多目的用途による機械稼働率の向上を目的として、コンクリート舗装施工機である米国ゴメコ社製シリンダフィニッシャをベースマシンとして、作業装置の改良及び、多機能化を実施した。

本稿では、開発した『自走式ベルトコンベア型コンクリート材料供給機』及び『自動式粗面仕上げ・養生剤散布装置』の概要を示すと共に、施工事例について紹介する。

#### 2. シリンダフィニッシャ

##### 2.1 シリンダフィニッシャの概要

当該ベースマシンは、米国ゴメコ社製のシリンダフィニッシャ『C650』である。

装置構成として、①走行装置②機体フレーム③敷均装置で構成され、『オーガ付きダブルドラムキャリアッジ』を搭載し、コンクリート舗装の敷き均し及び、表面仕上げを行う機械である。

シリンダフィニッシャの特徴を下記に示す。

##### ①走行装置

走行装置は、施工方法に応じて、軌道用車輪と路面走行用クローラに仕様選択が可能である。

##### ②機体フレーム

フレームは、分割式トラス機構を採用し、施工幅員に応じた機体幅員の調整が可能である。

##### ③敷均装置

敷均装置（オーガ付きダブルドラムキャリアッジ）は、トロリ機構により、機体フレーム下を施工横断方向に横行することで、舗装の敷き均し及び、舗装表面の平坦仕上げを行う。

シリンダフィニッシャの機械全景を写真-1、機構図を図-1、機械主要諸元を表-1に示す。



写真-1 機械全景

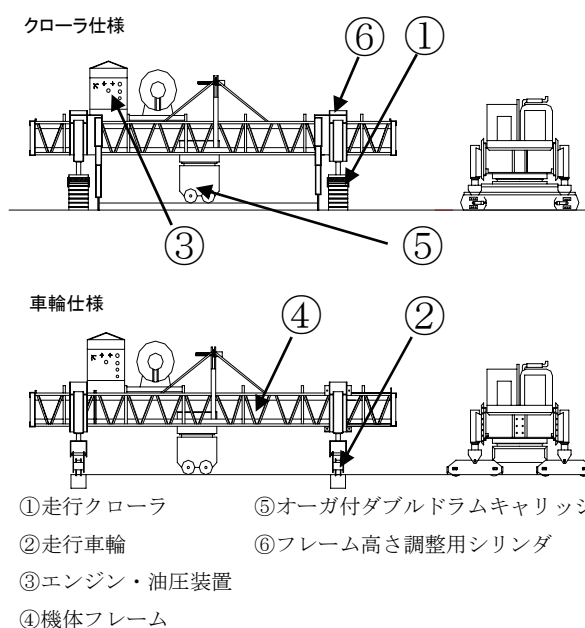


図-1 シリンダフィニッシャ機構図

表-1 シリンダフィニッシャ主要諸元

| 項 目           | 諸 元 (クローラ時) |
|---------------|-------------|
| 機 体 高         | 2,720mm     |
| 機 体 長         | 3,100mm     |
| 機 体 幅         | 3.67～17.07m |
| 質量 (幅 7.32m時) | 5,524kg     |
| 機 関 出 力       | 33kW        |

### 3. コンクリート舗装工法の概要

コンクリート舗装<sup>2)</sup>の代表的な施工法として、舗装用型枠と施工機械走行用軌道を事前に設置し、施工機械が軌道上を移動しながら打設するセットフォーム工法と型枠や軌道を必要とせずに連続的にコンクリート打設が可能なスリップフォーム工法が挙げられる。ここでは、後項にも述べるスリップフォーム工法についての概要を以下に示す。

#### 3.1 スリップフォーム工法

スリップフォーム工法とは、①コンクリートの供給 ②敷き均し ③締固め ④成型 ⑤平坦仕上げる機能を備えた自走式施工機械（スリップフォームペーバ）を使用して、型枠を設置せずにコンクリート版やコンクリート構造物を連続的に打設する工法である。粗面仕上げ及び養生作業は、人力作業にて施工する。

施工フローを図-2、標準機械編成図を図-3、施工状況を写真-2及び写真-3に示す。

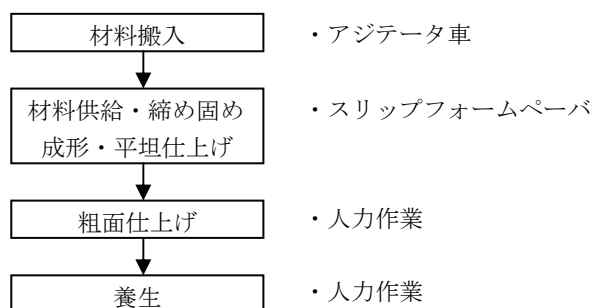


図-2 施工フロー

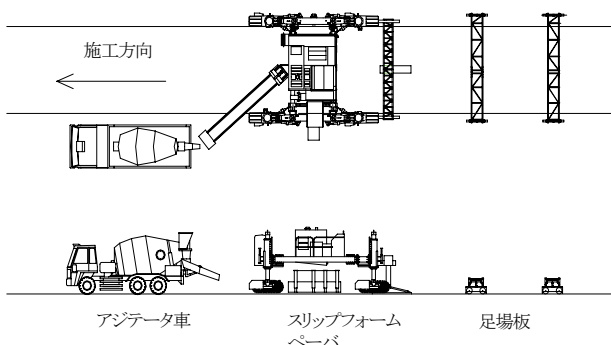


図-3 標準機械編成図



写真-2 施工状況（打設）



写真-3 施工状況（表面仕上げ）

### 4. 自走式ベルトコンベア型コンクリート供給機

#### 4.1 開発の経緯

一般的なスリップフォーム工法では、スリップフォームペーバに対して、アジテータ車等のコンクリート運搬車が1台ずつ材料供給（写真-2参照）するため、材料供給のサイクルタイムがコンクリート打設施工能力に大きく起因する。

特にトンネル内の車両履行が狭隘な現場等ではアジテータ車の搬入出に時間を要し、影響は顕著となる。

そこで、施工性及び施工能力向上を目的に従来の機械編成に専用材料供給機を導入し、アジテータ車等からの材料供給を2台同時に実施する施工体制を検討し、本開発に至った。

#### 4.2 開発目標

前項で示した課題解決のため、下記に示すコンセプトにより開発を実施した。

- ① シリンダフィニッシャの多機能化。作業装置をアタッチメント式とし、使用用途に応じて、仕様変更が容易な構造とする。
- ② 当該機とスリップフォームペーバへの材料供給を同時且つ、スムーズに行えるものとする。



- ③ アジテータ車から排出された材料を打設箇所へ円滑且つ、均一に供給可能な構造とする。
- ④ 施工幅員の変更に伴う機体フレームの伸縮調整の際に、柔軟に対応可能な供給装置とする。
- ⑤ 単純な装置構成とし、トラブルシューティングを軽減する。
- ⑥ 10tトラック1台にて運搬可能な機体とする。

#### 4.3 自走式ベルトコンベア型コンクリート供給機の概要

当該供給機は、シリンダフィニッシャ『C650』のオーガ付きダブルドラムキャリッジ装置を取り外し、材料搬送装置として、「油圧可倒式材料横取り用ベルコン」と「打設箇所に材料を投入する材料振り分けベルコン」を搭載することで、アジテータ車から排出された材料を上記の連動する2基のベルコンにて、所定箇所に材料を供給する機械である。

自走式ベルトコンベア型コンクリート供給機の現場配置図（横断図）を図-4、機械全景を写真-4に示す。

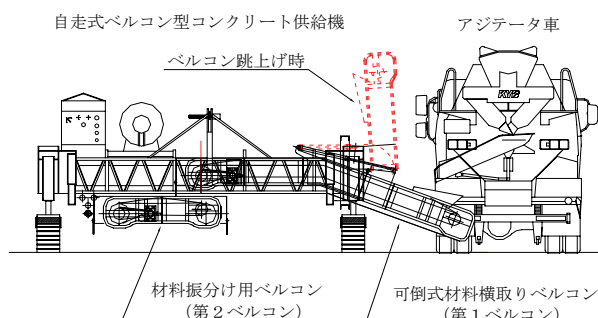


図-4 機械現場配置図



写真-4 機械全景

自走式ベルトコンベア型コンクリート供給機の特徴を以下に示す。

##### ①可倒式材料横取りベルコン

アジテータ車による材料供給終了後に速やかにベルコンを垂直に折畳むことで、材料供給機側の車両通行帯を確保し、車両の搬入出を可能

とする。可倒式材料横取りベルコンの作業状況を写真-5、写真-6に示す。



写真-5 ベルコン材料横取り状況

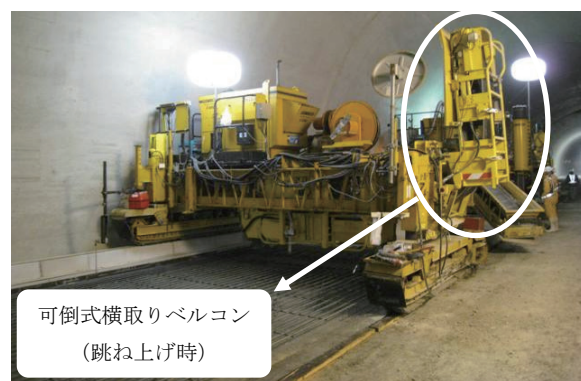


写真-6 ベルコン跳ね上げ状況

##### ②材料振り分け用ベルコン

可倒式材料横取りベルコンから乗り継いだ材料を舗装横断方向に横行且つ、ベルコンの正逆転機能により、施工全幅に材料を供給する。各ベルコンの構成図を図-5に示す。

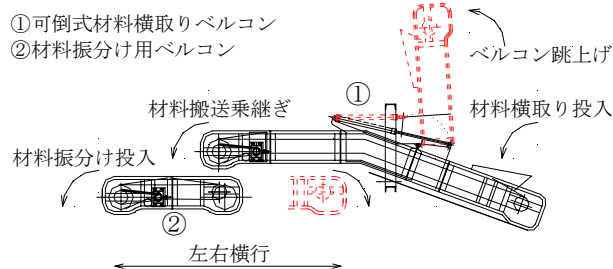


図-5 ベルコン構成図

##### ③施工幅員変更への対応

各舗装現場の施工幅員に応じた機械本体の幅員調整（フレーム長の変更）の際にも、材料供給ベルコンを2段式にしたことで、ベルコンフレーム及び、ベルトの延長等の調整が不要であり、原寸維持での対応が可能である。

#### 4.4 施工事例

自走式ベルトコンベア型コンクリート供給機を東北管内のトンネル舗装工事に導入し、その効果の検証を行った。

当該現場は、トンネル内のスリップフォーム工法を適用した連続鉄筋コンクリート舗装工事であり、道路全幅を半断面に分割して施工するものである。当初計画では、スリップフォームペーパー1台のみでの施工計画であったが、当該供給機導入により工期短縮を試みた。工事概要を表-2に示す。

表-2 工事概要

|       |                         |
|-------|-------------------------|
| 施工期間  | 平成22年11月～平成23年3月        |
| 施工場所  | 東北管内                    |
| 工 種   | 連続鉄筋コンクリート舗装<br>(トンネル内) |
| 施工数量  | 31,300m <sup>3</sup>    |
| 施 工 厚 | 25cm                    |

##### 4.4.1 施工状況

当該供給機を、スリップフォームペーパーの前方に先行する機械配置とした。スリップフォームペーパーとの車間を約15m（アジテータ車1台分の全長+α）確保して、2台のアジテータ車から各々同時に材料供給を受けて、施工を実施した。

機械施工編成図を図-6、施工状況写真を写真-7に示す。

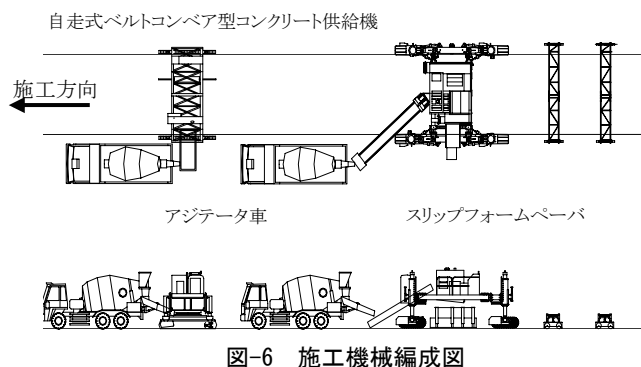


写真-7 施工状況

##### 4.4.2 施工能力の検証

従来工法と本施工事例での施工における施工サイクルタイムを比較した結果を表-3に示す。

表-3 施工サイクルタイム比較

| 項目        | 従来工法             | 本施工事例              |
|-----------|------------------|--------------------|
| 1台供給時間    | 6分               | 9分(※1)             |
| 入替時間      | 2分               | 2分                 |
| 1サイクル供給量  | 4 m <sup>3</sup> | 8m <sup>3</sup>    |
| 1時間当たり施工量 | 30m <sup>3</sup> | 43.6m <sup>3</sup> |
| 施工効率      | 1.0              | 1.4                |

※1 1.3倍の速度で、2倍の距離を連続施工

表-3より、従来工法に対して、施工効率が1.4倍向上することが確認できた。また、材料の供給条件が、最もスムーズな場合においては、日打設数量が計画時の設計数量に対して、最大で、2倍（300m<sup>3</sup>/日）の施工量となった。結果として、計画打設所要日数：24日に対して、実働：19日で完了し、施工工程を20%短縮することが確認できた。

##### 4.4.3 出来型品質の検証

施工完了後におけるコンクリート舗装路の平坦性測定結果を表-4に示す。

表-4 平坦性測定結果

| 項目  | 上り線    | 下り線    |
|-----|--------|--------|
| 平坦性 | 1.01mm | 1.04mm |

平坦性は、上下線ともに規格を満足した結果が得られた。

平坦性確保のためには、舗装作業時において舗装機械の発停止が少なく、また、舗装機械に過度な負荷が掛からない適量な材料の抱え込み且つ一定速度で施工することが望ましい。

今回の材料供給機の導入により、一律な材料供給が確保され、スリップフォームペーパーの単時間当たりの施工距離が延長したことが平坦性の向上に寄与したと考えられる。

#### 4.5 施工結果

自走式ベルトコンベア型コンクリート供給機をスリップフォーム工法に導入することによって得られた所見を以下に示す。

- ① 当該供給機を導入し、アジテータ車から2台同時に供給することにより、約20%の施工効率向上が確認できた。
- ② スリップフォームペーパーでの連続施工が可能となり、平坦性の向上を実現した。



## 5. 自動式粗面仕上げ・養生剤散布装置

### 5.1 開発の経緯

従来のコンクリート舗装では、機械施工による仕上げ成型後、人力作業による粗面仕上げ及び、コンクリート初期養生のための養生剤散布作業を実施する。上記に示す人力作業には、以下に示す課題がある。

- ① 粗面仕上げ作業は、作業員の技量に委ねられるため、仕上げ精度にバラツキが生じる。
- ② 従来の養生剤散布作業は、手動噴霧器や高圧洗浄機を利用して人力散布する場合が多く、規定散布量の確保が難しい。
- ③ 粗面仕上げ・養生作業は、人力作業となるため労務コストが高む。

以上の課題解決として、粗面仕上げ及び養生剤散布作業を機械化することで仕上げ精度の確保及び、養生剤散布量の均一化を図った。

### 5.2 開発目標

主な開発コンセプトを以下に示す。

- ① 粗面仕上げの粗さ具合（ほうき目仕上げ）をオペレータが常時調整可能な機構とする。
- ② 養生剤散布量の調整が可能な装置とする。
- ③ 施工時の現場風の影響を受けない散布ノズル装置とする。

### 5.3 自動式粗面仕上げ・養生剤散布装置の概要

当該装置は、シリンダフィニッシャ『C650』の『オーガ付きダブルドラムキャリアッジ装置』の横行装置を利用し、上記装置と脱着交換により、コンクリート舗装面の粗面仕上げ（ほうき目仕上げ）及び養生剤散布を自動制御で行う装置である。

両装置は、連動・単動運転が可能であり、施工状況に応じて、選択可能である。

自動式粗面仕上げ・養生剤散布装置の機械全景を写真-8、作業装置を写真-9に示す。



写真-8 機械全景

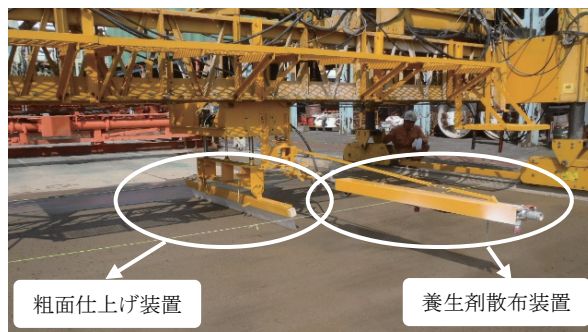


写真-9 作業装置

自走式粗面仕上げ・養生剤散布機の特徴を下記に示す。

- ① 粗面仕上げ装置は、スプリング慣性機構を採用し、施工端部における『ほうきのブラシ先』の過度な舗装面への突き刺さりを防止し、滑らかに舗装面に接触する機構とした。また、スプリングの強度調整により、『ほうき目』の粗さ調整が可能である。
- ② 粗面仕上げ装置の後方に養生剤散布装置を設置することで、粗面仕上げ作業と同時に養生剤散布が可能である。
- ③ 粗面仕上げ及び、養生剤散布は、施工状況に応じて、連動作業及び、単動作業での運転が可能であり、オペレータがセレクトスイッチにて切替選択が可能である。
- ④ 養生剤の散布インパクトを抑え、仕上げ面から散布ノズルまでの高さを低くすることで、現場風に影響を受けない散布が可能である。

### 5.4 試験施工

#### 5.4.1 試験施工概要

弊社機械技術センター内において、当該装置の性能確認のため、実現場を想定した現場施工性確認試験を実施し、その性能評価を行った。

試験施工状況を写真-10に示す。



写真-10 試験施工状況

#### 5.4.2 評価方法

コンクリート舗装面への粗面仕上げ及び、養生剤散布後、硬化状況を確認した上で、評価試験を実施した。評価試験方法を表-5に示す。

表-5 評価方法

| 評価項目     | 評価方法             |
|----------|------------------|
| 作業装置の施工性 | 目視、養生剤散布量試験      |
| 仕上げ面の性状  | CTメータによる表面性状確認試験 |

##### (1) 作業装置の施工性確認結果

横断端部の仕上がり状況を写真-11に示す。

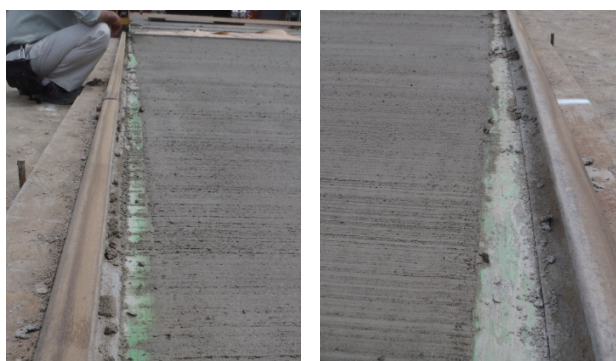


写真-11 横断端部の仕上がり状況写真  
(左：終点部、右：始点部)

##### (2) 評価試験

養生剤散布量試験及び表面性状試験結果を表-6に示す。

表-6 試験結果

| 試験項目    | 測定値 (平均)             | 目標値                       |
|---------|----------------------|---------------------------|
| 養生剤散布量  | 0.19L/m <sup>2</sup> | 0.18-0.22L/m <sup>2</sup> |
| CTM 測定値 | 0.655mm              | 0.4-0.8mm                 |

表-6の試験結果より養生剤散布量、及び表面性状(CTM測定値)は、いずれも目標値を満足する結果が得られた。

また、硬化後の表面性状も確認したが、クラック等の発生もなく良好であることが確認できた。

#### 5.5 試験施工結果

自動式粗面仕上げ及び養生剤散布機を使用した試験施工によって得られた所見を以下に示す。

- ① 機械化施工により一律な粗面仕上げが可能となり、精度の均一化が確認できた。
- ② 散布作業の自動化により規定量の散布が可能となり、所定のコンクリート品質を確保することが確認できた。
- ③ 粗面仕上げ及び、養生剤散布装置並びに機械本体の運転操作は、操作員1名と補助作業員1名の

計2名での作業が可能であり、従来比で、50% (2名/4名) の省人化及び、労務費の削減が期待できる。

#### 6. まとめ

シリンダフィニッシャ『C650』の多機能化によって得られた結果を下記に示す。

- ① 自走式ベルトコンベア型コンクリート供給機の現場導入により、1.4 倍の施工効率向上と約20%の工期短縮が図れた。また、材料の安定供給化に伴う、施工性の向上により平坦性を含む品質向上への貢献が期待できる。
- ② 自動式粗面仕上げ・養生剤散布装置の現場導入により、施工精度が均一化され、品質向上が期待できる。また、自動化に伴い、省人化及び労務コストの低減が期待できる。
- ③ 機械の多機能化により機械稼働率が向上し、効率的な機械運用が期待できる。

#### 7. 今後の課題

当該開発機の開発における今後の課題を下記に示す。

- ① 自走式ベルトコンベア型コンクリート供給機の運搬手段を10tトラック1台にて計画していたが、ベルトコンベア及びクローラ形状より10tトラック2台での運搬となった。輸送コスト削減のため、トラック1台で運搬可能な仕様を検討する必要がある。
- ② 開発機の仕様変更に伴う、装置の組替には、現状2日程度の工程を要する。更なるコスト削減を実現するため、組替作業をより簡易な構造とする必要がある。
- ③ 自動式粗面仕上げ・養生剤散布装置の現場導入を促進し、施工データの蓄積が必要である。

#### 8. おわりに

コンクリート舗装機械の多機能化により、現場施工性の向上、品質の向上、省力化を期待し、その結果を確認することができた。

しかし、現場のニーズは、多種多様であり、今後も、様々な現場条件における施工性及び、品質向上等、現場のニーズに対応できる機械の開発を進めていく所存である。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省道路局：平成24年度道路関係予算概算要求概要、平成23年
- 2) 財団法人日本道路協会：舗装施工便覧、pp. 67-70、平成18年