26. コンクリート舗装における施工方法合理化への取組み

- オフレール式インナーバイブレータの導入 -

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 ○ 越村 聡介 田中 純 菅野 学

1. はじめに

2010年に発生した東日本大震災による港湾施設等の被害は、甚大であり、早期復旧が望まれている。復旧・復興の整備が進む中、耐久性に優れるコンクリート舗装が見直されている。港湾施設等のコンクリート舗装では、複雑な目地割が要求され、従来のセットフォーム工法では施工機械の幅員変更等が必要となり、費用と期間を必要とする。また、人力によるコンクリート舗装では、施工コストは、縮減可能であるが、セットフォーム工法等の機械施工と比較すると、品質の均一性を得にくいことや、大規模工事においては、施工効率の問題等いくつかの課題がある。これらの背景を踏まえ、機械施工と人力施工の中間位置とも言える、簡易的な機械編成によるコンクリート舗装の適用を検討した。

大成ロテック㈱では、走行装置及びコンクリートの敷均し・表面仕上げ機能を有したシリンダフィニッシャを使用した施工方法を検討してきた。そして検討の結果、人力による締固め作業を機械化し、さらなる施工の効率化を目的として開発した「オフレール式インナーバイブレータ」を組み合わせた、簡易的な機械編成の適用を提案し、実現場にてその導入効果の検証を行った。

本稿では、コンクリート舗装における現状の課題を整理し、簡易的な機械編成によるコンクリート舗装の特長を示すとともに、現場施工への活用事例とその導入効果の検証結果を示すものである。

2. 従来工法における課題

2.1 セットフォーム工法

セットフォーム工法は,全ての施工機械が同一 の軌道上を走行するため,仕上がりが良好であり, 空港や重交通道路等に多く適用される。

セットフォーム工法における課題を以下に示す。 1)複数の施工機械を使用して施工を実施するため, 施工規模によっては,輸送費や機械運転費等の 機械経費が増加し、施工条件や施工規模を勘案 し、導入する必要がある。

2) 複雑な目地割りによりレーン替えや、組立・幅 員変更等の作業が必要となった場合は、クレー ン作業が必須となり、作業安全性の低下、仮設 コストの増加が懸念される。施工状況及びクレ ーン作業の状況を**写真-1** に示す。

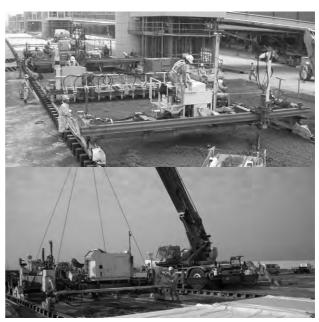


写真-1 セットフォーム工法の施工状況

2.2 人力施工

人力施工では、鋼製フレームに起振装置を搭載した装置を用いるのが主流であり、フレーム本体を振動させながら人力で型枠の上を滑らせ表面仕上げを行う。材料供給にはコンクリートポンプ車等を使用し、棒状バイブレータにより人力にて締固めを行う。装置が軽量であり、幅員変更等の調整も容易に行うことが可能であることから、車道路肩部や街路、機械施工では難しい複雑なレーンの仕上げ用機械として幅広く使用されている。

人力施工における課題を以下に示す。

- 1) 施工能力は機械施工には大幅に劣り、大規模な施工には不適である。
- 2) 人力による作業のため、機械施工と比較し、品質の均一性に劣る。

人力施工の施工状況を写真-2に示す。



写真-2 鋼製フレームを用いた人力施工の状況

3. 従来工法の課題への対応技術

前章で示したコンクリート舗装の課題への対応 策として、走行装置及びコンクリートの敷均し、 表面仕上げ機能を有したシリンダフィニッシャを 適用した施工方法を現場へ導入した。

3.1 シリンダフィニッシャ

対象機は、欧米諸国において既に実績のある米国 GOMACO 社製「C-650」を適用した。

施工機械の主要諸元を**表-1** に,全景を**写真-3** に示す。

丰_1	371	いんがつ	/ - »	13,40	の主要諸元
<i>न</i> ⊽ − ।	ンウ	ノンダン・	י' — זי	ノヤロ	刀十安和刀.

	メーカー	キャタピラー	
エンジン	定格出力	33(KW)	
	冷却方式	水冷式	
	幅	2,300(mm)	
寸法	長さ	打設幅員+2,000(mm)	
	高さ	最小 2,520(mm)	
走行	装置	クローラ式	
走行	速度	0~5.88(m/min)	



写真-3 シリンダフィニッシャ

シリンダフィニッシャは、機械フレーム下部に 表面仕上げ装置が搭載されており、前方に余剰コンクリートを押し出すスクリューが2本、後方に仕上げ用のドラムが2本設置されている。施工時は、 走行中にこれらを回転させながら往行させることで、平坦な表面仕上げを行うことが可能である。

また、セットフォーム工法では、施工幅員変更の都度、機械の組替や調整が必要であったが、当該編成による舗装では、シリンダフィニッシャの走行位置の調整や、センサ取付け位置の変更など、軽微な調整で連続施工が可能となる。

当該編成による施工の機械編成を**図-1** に,施工状況を**写真-4**,**写真-5** に示す。また,施工の問題点を以下に示す。

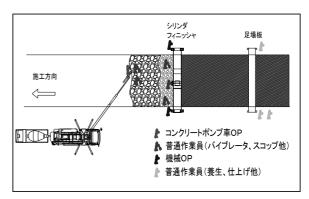


図-1 舗装機械編成図



写真-4 施工状況①



写真-5 施工状況②

3.1.1 問題点

1) 人力での締固めによる品質への影響

写真-4,写真-5より、シリンダフィニッシャ前方に締固め作業員、及び補助作業員で2名、材料供給量の調整に3名の計5名の作業員が配置された編成となっている。

当該編成による舗装の問題点として、棒状バイブレータによる人力での締固め作業のため、均一な締固めを得ることが難しく、クラックや表面性状の斑の原因となる事があげられる。

2) 舗装表面への影響

写真-5より、コンクリート舗装面上に3名の作業員が足を踏み入れているのが分かる。この場合、表面仕上げの際、作業員の足跡等の窪みにモルタル分が集中する可能性があり、クラック発生等の原因となる。

3.2 オフレール式インナーバイブレータ

3.2.1 開発の経緯

前述した簡易機械編成によるコンクリート舗装 (以下,簡易編成による舗装)において,一定の 品質を確保するには,締固め作業の均一化が要求 される。しかし,人力でのコンクリートの締固め において均一な品質を得るには,作業員の技量に 大きく依存するため,対応策を検討した。

そこで、「コンクリートの締固め均一化」,及び、「施工性向上によるコスト縮減」を目的とし、人力による締固め作業の機械化を可能にする、オフレール式インナーバイブレータ(以下、当該機械)の開発・導入に至った。

3.2.2 開発目標

前項で示した簡易編成による舗装の問題解決の ため、下記に示すコンセプトにより開発を実施し た。

- ① 品質向上のため,施工断面において所定の深さまで、均一な締固めが可能な構造とする。
- ② コスト縮減のため、シリンダフィニッシャ前方 作業員の省力化を可能とする構造とする。
- ③ 自走回送時は高速走行が可能な構造とし,段取り替えや移動時に要する時間を削減し,工程短縮を図る。
- ④ 電気回路,及び油圧装置の改造により現在使用している 60KVA の発電機を小型化する。
- ⑤ 施工機械の運搬形状は,10 t トラック 1 台で運搬可能な構造とする。
- ⑥ 複雑な電気回路は見直し,簡単なスイッチ操作とすることで,初めて機械を運転する作業員にも容易に操作可能な構造とする。

3.3 当該機械の概要

ベースマシンは、セットフォーム工法で使用する軌道式インナーバイブレータを使用した。コンクリートの締固めには舗装横断方向に直線状に配置された12本の高周波棒状バイブレータを使用する。ベースマシンの全景を写真-6に示す。



写真-6 ベースマシン

当該機械は、ベースマシンの走行装置をレール 走行式から脱着可能なタイヤ駆動式に変更した。 また、駆動装置の変更に伴い、油圧装置・電気回 路の変更を行った。

当該機械の主要諸元を**表-2**,機械全景を**写真-7** に示す。

	幅	2,350(mm)	
寸法	長さ	打設幅員+2,000(mm)	
	高さ	2,200(mm)	
機械	質量	6.5(t)	
バイブレ	ータ本数	12(本)	
※	雪機	45(KVA)	

表-2 主要諸元



写真-7 オフレール式インナーバイブレータ

当該機械の特徴を下記に示す。

1) オートステア機能付タイヤ式走行装置

走行装置は油圧によるタイヤ駆動式を採用し、 操舵機構は、ステアリングセンサによる自動制御 方式を採用し、オペレータへの負担軽減を図った。 また、タイヤ駆動式とすることで、移動時におけ る機動性を向上させた。さらに、電気的に左右の 車輪を逆回転させることによる旋回機能を搭載し、 狭い箇所での移動など様々な施工条件にも対応可 能とした。

2) 本体昇降装置

従来はレール上の走行であり、本体の昇降装置は不要であったが、オフレール仕様への変更に伴い、追加した4本の走行装置にストローク500mmのシリンダを新規設置し、施工時の高さの微調整、及び段差の乗り越えを対応可能とした。また、施工時はグレードセンサを使用し、自動制御を可能とした。

3) コンクリート供給量調整ブレード

シリンダフィニッシャの施工性は、コンクリートポンプ車からの供給量が著しく影響する。そのため、当該機械の後方に、コンクリート供給量調整ブレードを配置し、後方のシリンダフィニッシャへの供給量を調整可能とした。調整ブレードの機構は、センター中折式とし、中折角度及び、ブレード両端部に延長ブレードを設置することで施工幅員の変化に対応可能な構造とした。使用状況を写真-8に示す。

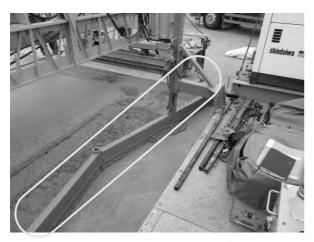


写真-8 コンクリート供給量調整ブレード

4) 可変ポンプの採用による発電機の小型化

従来は定量ポンプにより油圧系統を作動させていたため、エネルギー損失が見受けられた。そこで、可変ポンプを導入し、作動装置で使用する油量を電磁比例制御とすることで、バイブレータを使用しない高速移動時は、走行装置に最大限の油量を使用し、施工時等の低速走行時には走行に使用する油量を抑え、インバータの電力を確保した。

5) 運搬形状

機械前後の幅を 2,350mm としたことで, 施工時の 状態で 10t トラック 1 台で運搬可能とした。

4. 現場への導入

4.1 施工事例

簡易編成による舗装に当該機械を追加した編成により、東北管内の現場へ導入し、その効果の検証を行った。当該現場は、狭隘部(起終点など)が多く、現場内における長距離移動も多いことから、当該機械の機動性が求められた。

当該現場の工事概要を表-3に示す。

表-3 工事概要

施工期間	平成26年6月~平成26年12月
施工場所	東北管内
工事内容	コンクリート舗装復旧工事
施工幅員	$W=3.6\sim5.0(m)$
施工厚	t=250~350(mm)

導入効果を,施工品質及び,作業効率,施工コストについて検証した。

4.1.1 従来編成による施工との比較

当該機械を導入した施工の機械編成を**図-2** に, 実際の施工状況を**写真-9** に示す。

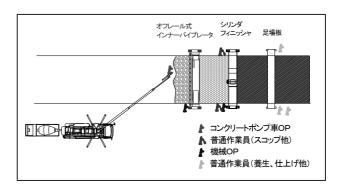


図-2 機械編成



写真-9 施工状況

当該機械を導入した編成の採用により、打設面上に供給されたコンクリートを速やかに締固める事が可能となった。また、自動制御によりバイブレータの「下降」、「上昇」、「車両前進」、「下降」のサイクルを一定間隔で繰り返せることで、コンクリートを機械的且つ、連続的に締固めることが可能となった。

さらに、機械周辺における作業が簡素化され、 作業安全性が向上した。

4.1.2 施工品質の検証

当該機械を導入することにより、均等に配置されたバイブレータでコンクリートを均一に締固めることが可能となった。また、供給量調整ブレードの導入により、余剰な材料供給を防止することが可能となり、シリンダフィニッシャ前方の作業が簡素化され、作業効率の向上を図るとともに、均一な品質を確保することができた。

粗面仕上げの作業時においても、コンクリート表面全体が均一な性状であることが確認でき、斑のない粗面性状を確保することが可能となった。粗面仕上げ作業の状況を**写真-10**に示す。



写真-10 粗面仕上げ状況, 及び表面性状

4.1.3 施工コストの検証

1) 施工体制の省力化

当該機械の導入により、シリンダフィニッシャ前方の締固め、及び材料調整作業員を 5 名から 2 名に削減することができた。また、省力化された施工体制を確立することで、更なるコスト縮減が期待できる。

2) 日施工量の増加による工程短縮

従来の簡易編成によるコンクリート舗装と、当該機械を導入した編成による舗装の日施工量の平均をまとめたものを図-3に示す。当該機械を導入することで、人力で行っていた締固め作業が機械化され、従来編成と比較し、約1.5倍の施工能力を発揮することが確認できた。

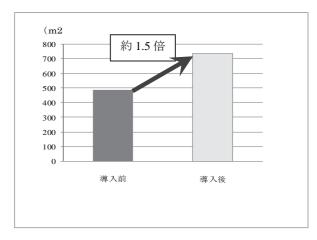


図-3 日施工量比較

次に、導入コストの試算結果を図-4に示す。導入コストは、施工現場を弊社より300km圏内とし、全施工面積を5,000m²、施工厚さを30cmとして、当該機械の導入前後における施工コストを試算した。導入初期は、当該機械の出入庫費用、輸送費が計上されるために、従来舗装の施工コストを上回る結果となった。しかし前述した通り、人力作業を機械化することで、人件費の削減や、工程が短縮されることにより、2,000m²以上の現場においては、当該機械の採用によるコスト縮減が期待できる。

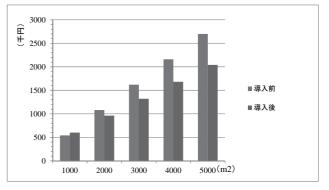


図-4 導入コスト比較

4-2 施工結果, まとめ

オフレール式インナーバイブレータの現場導入 により、得られた所見を以下に示す。

- ① 当該機械を導入し機械的な締固めを実施する ことで,作業員の技量に左右されない均一なコ ンクリート品質を確保することが可能である。
- ② 当該機械を導入することで,従来よりも作業人員の削減が図れ,省力化に伴う施工コストの縮減が可能である。
- ③ 従来方式で人力で行っていた締固め作業を機械化することで、日施工量が増加し、約1.5倍の工程短縮が可能である。また、施工機械の直近での作業が簡素化され、作業安全性も向上した。

④ 施工コストは、施工条件を指定した試算の結果、導入初期においては従来編成の舗装の費用を上回るが、日施工量の増加、及び人件費の削減により、2,000m²以上の現場においては、従来編成と比較し、コスト縮減が可能である。

5. 今後の課題

当該機械の現場導入に対する今後の課題を下記に示す。

1) 安全対策

当該機械の運転席は、一部死角となりやすい構造となっている。接触による重大事故防止のため、 死角の少ない構造とする必要がある。

2) 施工データの蓄積

当該機械を使用した施工に関しては、現在のところ導入事例が少ない。今後とも積極的に現場への導入を図り、品質や歩係り等、詳細な施工データを蓄積をする必要がある。

6. おわりに

現場における施工業者に対するニーズは多種多様である。舗装業者である我々は、施工条件に応じた様々な舗装方法を検討し、高品質かつ低コストで実施可能な、新しい施工方法を追及していくことが不変の課題である。

今回紹介した簡易機械編成によるコンクリート 舗装を含め、今後とも品質の向上及び、コスト縮 減可能な施工方法、機械編成を検討し、幅広く普 及させるために、更なる研究・改善に努めていく 所存である。