

JCMA 報告

平成 30 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 4)

大賞部門 選考委員会賞

天井用車載型乾式研掃装置

(株)奥村組

1. 業務内容

供用中の道路トンネルや地下鉄施設等を対象とした補修・補強工事では、夜間の限られた時間内で作業を完了させる必要がある。コンクリート構造物の補修・補強工事では、既設コンクリートと補修・補強材（断面修復材や増厚コンクリート等）との一体化を図るため、表面脆弱部の除去、目荒らしや塗膜除去等の研掃作業が行われる。特に、天井面の研掃作業は、一般的に高所作業台車で重たい吸引式ディスクサンダーやウォータージェットを用いた上向き姿勢での人力作業となることから（写真—1）、作業の効率化、仕上がり面の品質向上、安全性と作業環境の改善が求められている。



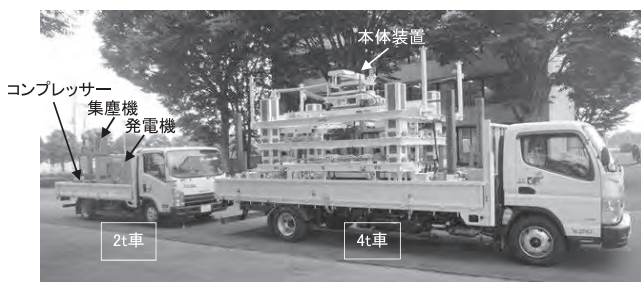
写真—1 一般的な道路トンネル天井面の研掃作業 (人力施工)

(1) 天井用車載型乾式研掃装置

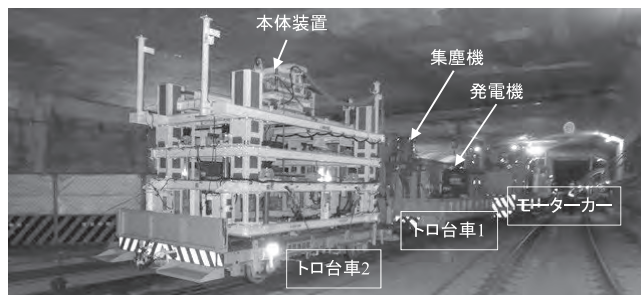
天井用車載型乾式研掃装置（以下、研掃装置と記す）は、従来人力で行っていた天井面の研掃作業を自動運転化し、同時に発生した粉塵等の飛散防止が行え、かつ地上からの操作で全ての作業が行えるように機械化したもので、本体装置、集塵機、発電機、コンプレッサーの機器から構成さ

れている。

研掃装置の運搬・移動については、機動性および設置・撤去時間短縮の観点から車載型にしている。道路トンネルでの車両編成は、天井面の研掃作業を行う本体装置を搭載した4t車、集塵機、発電機、コンプレッサー等を搭載した2t車からなる（写真—2）。一方、地下鉄施設では、研掃装置を2台のトロ台車に搭載し、モーターカーで牽引する車両編成としている（写真—3）。



写真—2 研掃装置 (道路トンネル適用時)



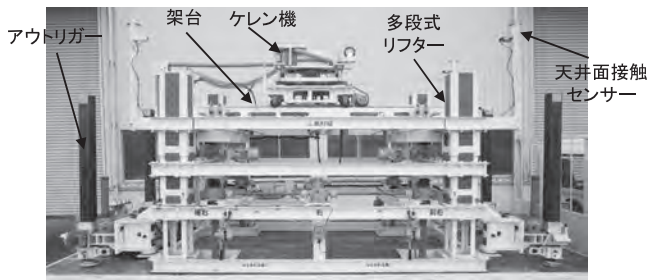
写真—3 研掃装置 (地下鉄施設適用時)

研掃装置の主要機器である本体装置は、研掃を行うケレン機、ケレン機を前後左右（走行と横行）に移動させる架台、この架台を昇降・停止させる多段式リフターと天井面接触センサー、および本体装置を設置支持するアウトリガー等で構成されている（写真—4、図—1、表—1）。

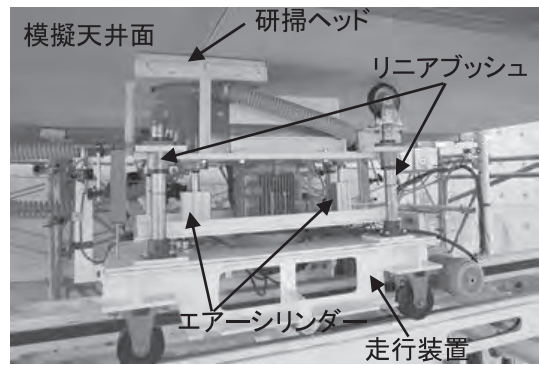
(2) 本体装置を構成する各要素

①ケレン機

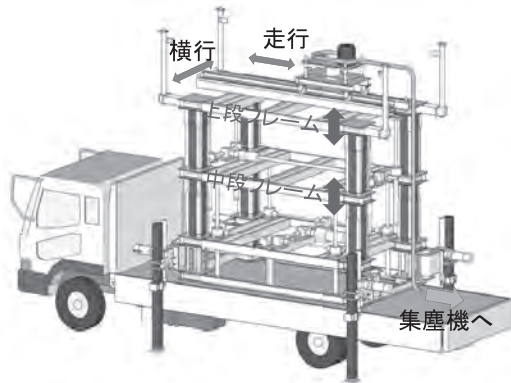
ケレン機は、鋼製ビットを配した円盤状の研掃ヘッドと、



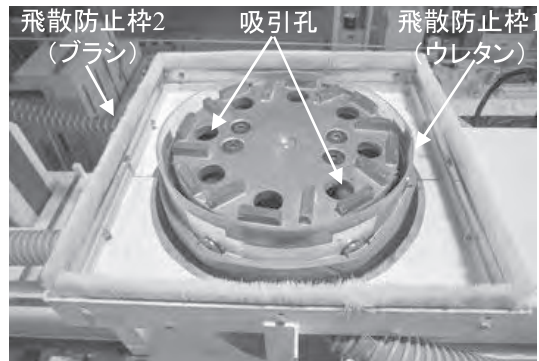
写真一4 本体装置 (収納時)



写真一5 ケレン機



図一1 本体装置 (研掃作業時)



写真一6 研掃ヘッド

表一1 本体装置の仕様

装置部位	項目	仕様
ケレン機	走行速度	0.5 ~ 10 m/min
	押付け力	0.2 ~ 0.9 kN
	鉛直凹凸	±40 mm 追従
	研掃幅	250 mm
多段式リフター	昇降速度	0.375 m/min
	昇降高さ	1,200 mm
	施工高さ	4.3 ~ 5.0 m
全体	総重量	42.2 kN
	施工範囲	走行：2.69 m 横行：1.56 m 面積：4.2 m ²
	非常停止	本体装置外周：2箇所 手元ペンダントスイッチ：2箇所

その周囲に設けた二重の飛散防止枠および走行装置からなり (写真一5, 6), 研掃ヘッドを天井面に押付けながら高速回転させ、架台上を走行させて研掃を行う。同時に、発生した粉塵は、研掃ヘッド内に設けた8ヶ所の吸引孔より集塵機で吸引させ、ウレタンとブラシによる二重の飛散防止枠で枠外への漏れを防止している。

研掃ヘッドの天井面への押付けは、エアコントローラによって2台のエアシリンダーで行い、リニアブッシュにより天井面の凹凸や勾配の変動に追従 (±40 mm の範囲) させることによって、設定した押付け力 (0.2 ~ 0.9 kN

の範囲) が常に一定になるようにしている。ケレン機による研掃は、地上からの手元ペンダントスイッチの操作で、インバーターによって設定した速度 (0.5 ~ 10 m/min の範囲) で、研掃ヘッドを押付けながら走行方向に2.69 m 自動運転させ、架台端部で自動停止後、横行方向に架台を0.22 m 移動させ、再び走行方向に自動運転させて行く。この操作を最大7ライン繰り返すことによって、一度に最大面積4.2 m²を研掃することができる。

②多段式リフター

多段式リフターは、ケレン機の収納位置から天井面近傍までの昇降と、ケレン機と天井面との勾配調整を行うものである。ケレン機の昇降は、ケレン機が走行と横行を行う架台と連結している上段フレームと中段フレームを、多段式リフターによって上下に移動させることによって行う。また、ケレン機の上昇時には、上段フレームの四隅に設置した天井面接触センサーが天井面に接触することによって、天井面近傍で自動停止する。天井面が道路縦断方向に勾配を有する場合、上段フレームがヒンジ構造を有するため、接触していない一端側 (前方あるいは後方) を再度上昇させ、天井面とケレン機を平行にすることができる (図一2)。

③アウトリガー

アウトリガーは、穴あき鋼管柱とジャッキからなる (写真一7)。アウトリガーによる本体装置の設置・支持は、四隅に配したアウトリガーを道路側に90度回転させ、穴

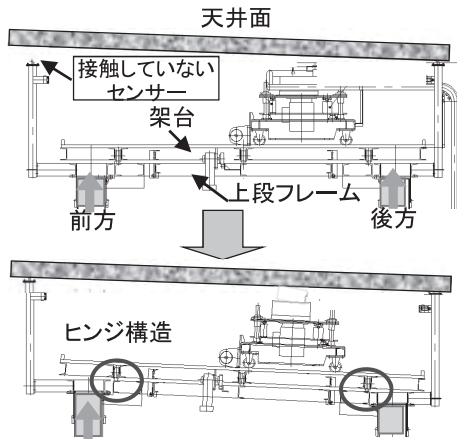


図-2 ケレン機と天井面の勾配調整

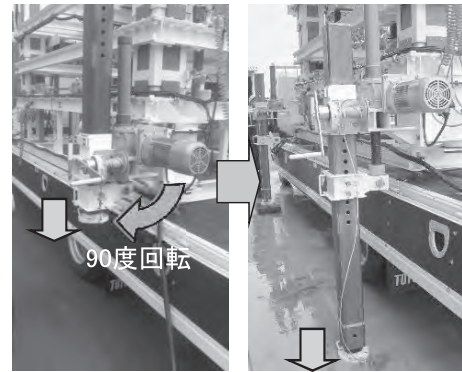
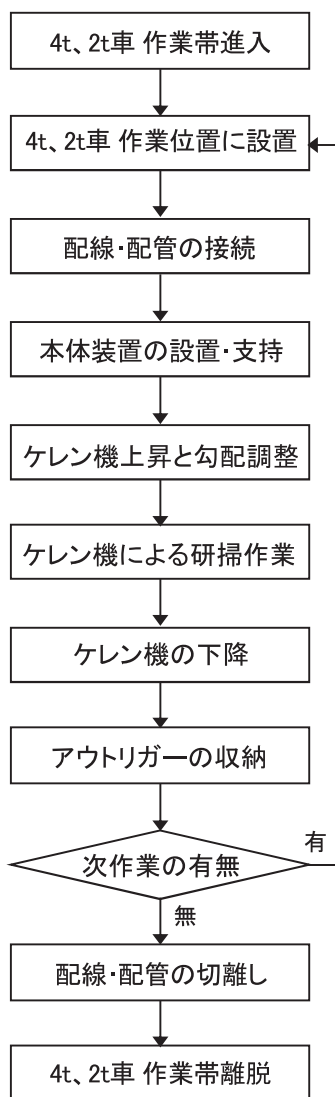


写真-7 アウトリガー



4t, 2t車の規制帯進入

車載式であるため、作業帯内での本体装置の積み降ろし作業がなく、設置・撤去時間を短くできる。



アウトリガーによる研掃装置の水平設置

アウトリガー設置・支持は、鋼管柱へのピン挿入とジャッキで行うため、作業が容易で、短時間でできる。なお、本体装置は道路勾配に関係なく水平に設置する。



多段式リフターによる研掃装置の上昇と天井面勾配調整

ケレン機は天井面近傍まで上昇し、天井面接触センサーにより自動停止する。その後、上段フレームのヒンジ構造によってケレン機と天井面勾配とを平行にする。



ケレン機による表面処理

ケレン機を、エアシリンダーで一定の圧力で押付け、一定速度で走行させることによって、安定した研掃作業と飛散防止が行える。また、ケレン機は±40mmの不陸に追従できる。1回のセットでケレン機を6~7ライン自動運転させ、最大4.2m²の研掃が可能。塗膜の取り残しがなく、確実な除去が行われ、仕上がり面の品質が向上する。

図-3 施工手順 (道路トンネル)

あき鋼管柱を地表面近傍でピン止め後、ジャッキを伸長させることによって行う。なお、本体装置の設置・支持は、道路の縦断および横断勾配に関係なく水平にする。

道路トンネル適用時の標準的な施工フローを示す (図一

3)。1回の研掃装置設置での最大研掃面積は、ケレン機の走行幅2.69m, 横行幅1.56mより、約4.2m²である。なお、地下鉄施設では、本体装置の下端にスライド装置を設け、横行幅を2.16mに拡幅している。

2. 技術的効果

適用実績より、従来の人力施工に比して以下の効果が確認できた（表－2、写真－8～10）。

表－2 研掃装置適用による技術的効果

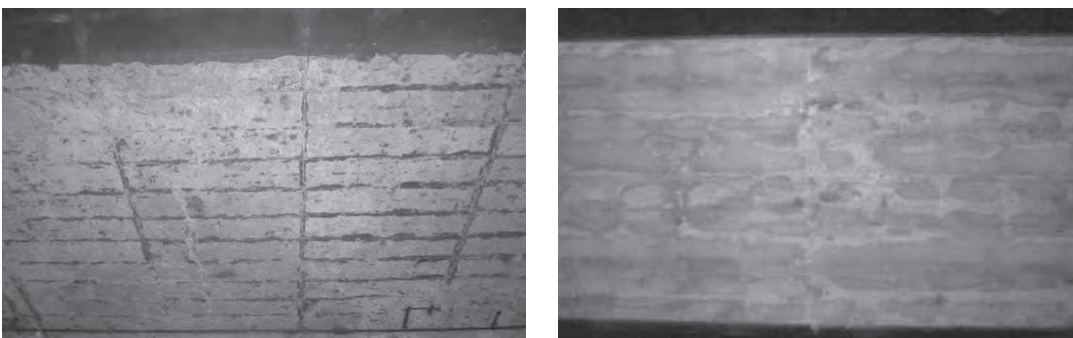
作業効率の向上	研掃の自動運転化と作業全体の機械化により安定した研掃作業が行え、また車載型にしたことにより準備・撤去時間の短縮が図られた。その結果、研掃作業の施工能力が1.5～3倍向上し、工程の短縮および省力化が図られた（当社比）。
施工品質の向上	研掃を自動運転化したことにより、人力施工でみられる作業員の技量差による仕上がり面のばらつきがなくなり、確実な研掃作業が行えた。その結果、仕上がり面の品質が均一化され、付着強度が1.4倍以上増加し、新旧コンクリートの一体化が向上した（当社比）。
安全性の改善	研掃の自動運転化、および地上から操作で全ての作業が行えるように機械化した。その結果、高所で見上げた姿勢での苦渋な人力による作業がなくなり、作業の安全性が改善された。
作業環境の改善	集塵機によるバキューム吸引と二重の飛散防止枠によって、作業中に発生した粉塵が回収され、粉塵等の飛散防止が確実に行われた。その結果、作業環境の改善が図られた。



写真－8 道路トンネル施工状況の比較（左：人力施工 右：研掃装置施工）



写真－9 地下鉄施設施工状況の比較（左：人力施工 右：研掃装置施工）



写真－10 道路トンネル仕上がり面の比較（左：人力施工 右：研掃装置施工）



3. 経済的効果

適用実績より、施工条件（施工対象、施工時間、施工場所等）にもよるが、研掃装置の施工能力は、作業員1人当たりに換算すると、人力施工に比して1.5～3.0倍向上することを確認している。また、作業員の編成人数は、研掃装置の場合、操作者1名、運転手・補助作業員2名の計3名に対し、人力施工の場合、4名程度が1班編成であった。これらより、施工能力向上による工期短縮と省人化による

人件費の軽減による経済的効果は、研掃面積が広い程大きく、研掃装置使用費を加味しても、十分なコストダウンが見込める（当社比）。

4. 施工実績

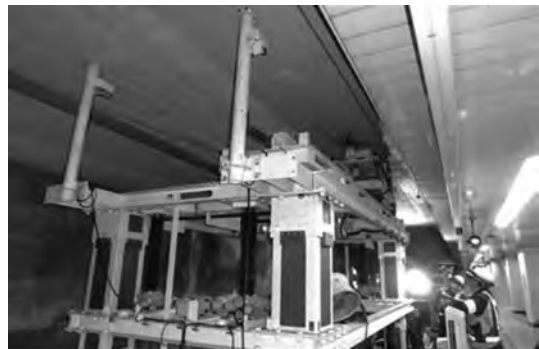
研掃装置の適用実績2件（写真—11、12）と適用予定1件を示す（図—4）。

件数	施工内容	施工対象
実績1	<p>適用年月:平成27年8月～平成27年9月</p> <p>事業名:(修)トンネル剥落防止対策工事</p> <p>事業者名:首都高速道路株式会社</p> <p>概要:ボックスカルパートトンネル天井面の一部区間の塗膜除去に適用した。施工面積は約150m²である。</p>	 <p>中央分離帯が設けられた片側2車線ずつの4車線を有するボックスカルパートで、形状は高さ4.7×幅16.1×長さ150mである。</p>
実績2	<p>適用年月:平成29年5月～平成29年6月</p> <p>事業名:関内駅ほか構築補修工事(その3)</p> <p>事業者名:横浜市交通局</p> <p>概要:関内駅地下2階下り線ホーム軌道天井面の塗膜除去に適用した。施工面積は272m²で全施工面積の約70%である。</p>	
実績3(予定)	<p>適用年月:平成31年6月～平成31年7月</p> <p>事業名:関内駅ほか構築補修工事(その3)-2</p> <p>事業者名:横浜市交通局</p> <p>概要:関内駅地下3階上り線ホーム軌道天井面の塗膜除去に適用予定である。</p>	<p>駅ホームを含む施工延長140×幅2.96mのボックスカルパートで、集電方式が第三軌条方式のため、天井面に架線がない構造となっている。</p> <p>線形は、駅進入部にR=250mカーブがあり、それ以降直線となっている。</p>

図—4 施工実績概要



写真—11 研掃状況(実績1)



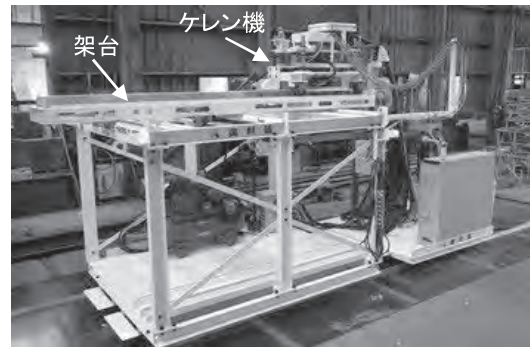
写真—12 研掃状況(実績2)

5. おわりに

老朽化したインフラ施設が多数存在していることは周知の事実であり、今後、これら施設の長寿命化のための補修・補強工事の増加は必定である。この補修・補強工事に必須な研掃作業を機械化した本研掃装置は、当社が開発済の床用、壁柱用、天井用の湿式研掃装置と併せて使用することにより、品質を確保しつつ、作業の効率化や省力化・省人化をより大きく図ることができるものであり、適用範囲は広がっていくものと考えられる。

また、適用範囲拡大の一例として、研掃装置の本体装置からケレン機と架台を外し、新たに製作した台車に搭載した小型研掃装置で、下水道施設放流渠の耐震補強工事の研掃作業に適用した（写真—13, 14）。

我が国においては少子高齢化が問題となっており、特に建設業では労働力や熟練工不足の影響が顕在化している中、狭所な劣悪環境下での苦渋を伴うこの種の人力作業を機械化していくことは意義のあることと言える。本研掃装置が、インフラ施設等の補修・補強工事における労働力や熟練工不足への対応が図れる技術として、今後の施工技術の機械化の発展につながることを期待している。



写真—13 小型研掃装置



写真—14 放流渠施工状況

お断り

このJCMA 報告は、受賞した原文とは一部異なる表現をしています。