

補修・補強工事へのウォータージェットを用いたコンクリート表面処理機の適用

株式会社奥村組 正会員 ○石井 敏之
株式会社奥村組 白石 祐彰
株式会社奥村組 正会員 川西 健之
株式会社奥村組 正会員 森本 克秀

1. はじめに

コンクリート構造物の補修・補強工事において、新旧コンクリートとの一体化を図るためにコンクリート表面の脆弱層などを取り除く研掃や劣化した塗膜を除去する塗膜除去（以下、表面処理と記す）を、ウォータージェット（以下、WJと記す）工法を用いて行うことが多くなってきている。しかし、従来のWJ工法による表面処理は主にハンドガンなどの装置を用いた人力による施工のため、広範囲な領域の表面処理を行うには作業効率が悪いうえ、表面処理面における品質（塗膜の除去具合や凸凹の程度など）のバラツキや作業環境（ミスト・粉塵などの飛散や高所での作業）の悪化といった問題があった。これらの問題を解決するために、表面処理の機械化およびミスト・粉塵などの飛散抑止ができるWJを用いたコンクリート表面処理機（以下、WJ表面処理機と記す）を開発した。開発したWJ表面処理機は、壁・柱用と天井用の2種類である。

今回、2ヶ所の上水道施設の配水池改修工事において、コンクリート表面の研掃および塗膜除去にWJ表面処理機を適用した。本報では、WJ表面処理機の概要と飛散抑止確認試験および実工事への適用によって得られた施工結果について述べる。

2. WJ表面処理機の概要

2.1 壁・柱用WJ表面処理機

壁・柱用WJ表面処理機（以下、WJ2号機と記す）は、壁・柱部位のコンクリート表面処理を対象としたものである。WJ2号機の概観を図-1に、諸元を表-1に示す。

WJ2号機は、表面処理を行うWJ装置を上下・左右・前後にスライドさせるガイドを鋼製フレームに組み込み、そのフレームを回転させる電動式のクローラ型ベースマシンに搭載して、移動ができるようにしたものである。WJ装置は、写真-1に示すように長さの異なる4本のランス先端にノズルを設けた回転式噴射装置2基をブラシ付き鋼製カバーで覆っ

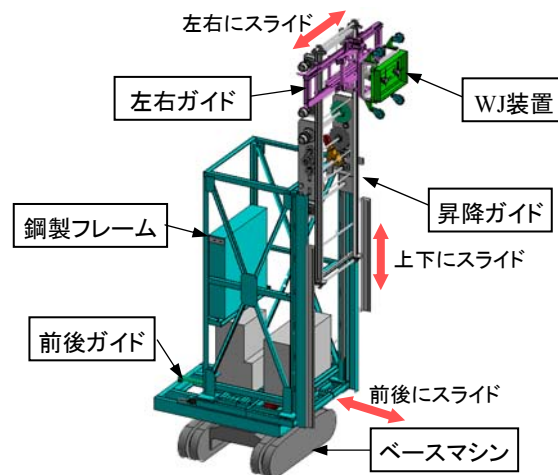


図-1 WJ 2号機（壁・柱用）

表-1 WJ 2号機の諸元

項	目	諸元
形状	大きさ	2500(L)×2090(W)×4100(H)mm
	重量	41kN
施工範囲	水平	700～1800mm
	鉛直	500～6500mm
WJ装置	寸法	750(L)×450(W)mm
	移動速度	0.5～5.0m/min

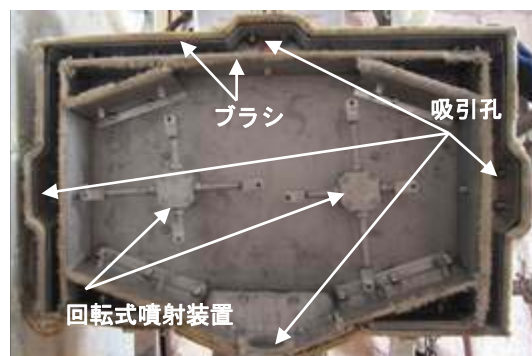


写真-1 WJ装置（WJ 2号機）

キーワード：ウォータージェット、表面処理装置、研掃、塗膜除去、飛散抑止

連絡先：〒300-2612 茨城県つくば市大砂 387 TEL 029-865-1719

たもので、ノズルから超高水圧を噴射し回転させることによって表面処理を行う。さらに、ブラシの2重化と上下左右端に4箇所の吸引孔を設けた飛散抑止装置を付加することによって、周辺へのミスト・粉塵などの飛散を抑止することができる。

本機は、処理範囲を指定後、WJ装置をエアシリンダーで一定の圧力でコンクリート表面に押し付けながら一定速度で移動させ、最大で幅1.8m×高さ6.5mの範囲を表面処理できるように自動化している。なお、操作・運転はハンディー式タッチパネルで行う。

2.2 天井用WJ表面処理機

天井用WJ表面処理機（以下、WJ3号機と記す）は、天井部位のコンクリート表面処理を対象としたものである。WJ3号機の概観を図-2に、諸元を表-2に示す。

WJ3号機は、アーム先端にWJ装置を装着した多関節型ロボットを前後・左右に移動させるロボット架台に組み込み、このロボット架台を上下させるパンタリフター式昇降装置と連結し、これを電動式のクローラ型ベースマシンに搭載して、移動ができるようにしたものである。表面処理時の処理機の安定を確保するために、ベースマシンにはアウトリガーを設置した。WJ装置を写真-2に示す。WJ装置は、2本のランスに4ノズル／本を設置した回転式噴射装置1基をブラシ付き円筒形鋼製カバーで覆ったものである。さらに、カバー内に設けた2箇所の吸引孔からのバキューム回収によって、周辺へのミスト・粉塵などの飛散を抑止することができる。

本機は、処理範囲を指定後、WJ装置を多関節型ロボットによって天井処理面までの距離を一定に保ちながら一定速度で移動させ、最大で幅3.3m×長さ2.0mの範囲を表面処理できるように自動化している。またWJ3号機の操作・運転はWJ2号機と同様にハンディー式タッチパネルで行う。

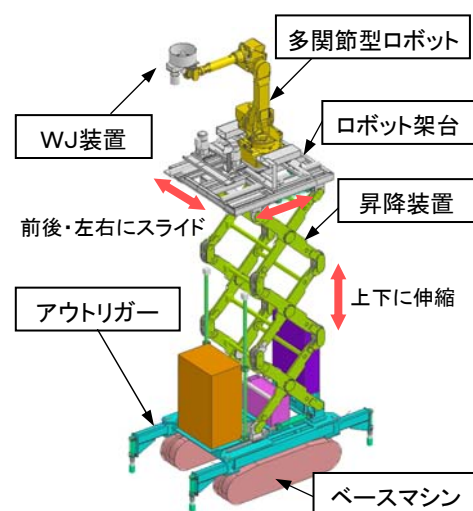


図-2 WJ3号機（天井用）

表-2 WJ3号機の諸元

項 目		諸 元
形状	寸 法	2000(L)×1520(W)×3200(H)mm
	重 量	50kN
施工範囲	面 積	2000×3300mm=6.6m ²
	高 さ	4000～6500mm
WJ装置	寸 法	φ380×171(D)mm
	移動速度	0.5～10.0m/min

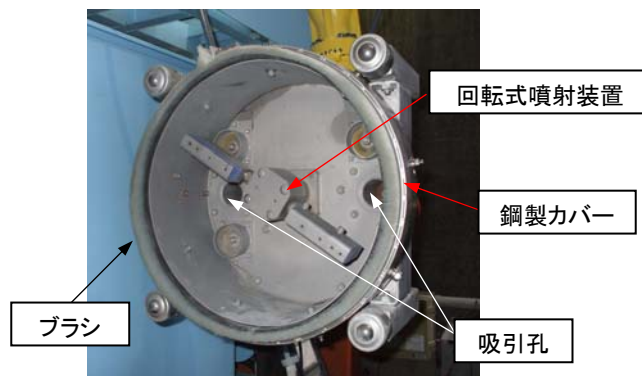


写真-2 WJ装置（WJ3号機）

3. 飛散抑止確認試験

飛散抑止装置の効果を確認するために、WJ2号機による飛散抑止確認試験を実施した（写真-3）。試験は、幅4.5×高さ6.5mのエポキシ系樹脂塗料を塗布した鋼板の模擬壁を用い、試験因子をWJ装置の移動速度と吸引力とした。WJ装置からのミスト・粉塵などの漏れの評価は、写真-3に示すWJ装置の外部に設置した粉塵計による質量濃度によった。

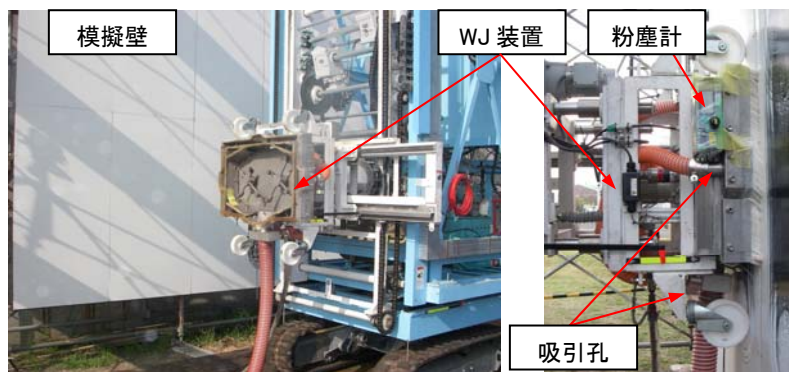
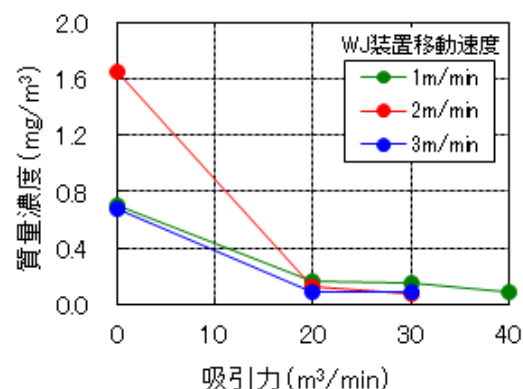


写真-3 飛散抑止確認試験

WJ 装置の移動速度による質量濃度と吸引力の関係を図－3に示す。表面処理時の質量濃度は WJ 装置内の吸引を行わない場合 $0.7\text{mg}/\text{m}^3$ 以上となっているが、吸引を行うと $0.16\text{mg}/\text{m}^3$ 以下と大きく低減している。なお、試験前の質量濃度は $0.09\text{mg}/\text{m}^3$ であった。また、吸引力 $20\sim40\text{m}^3/\text{min}$ において、WJ 装置の移動速度を変化させても質量濃度は $0.16\text{mg}/\text{m}^3$ 以下とほぼ一定である。WJ 装置の移動速度は WJ 装置からのミスト・粉塵などの漏れに影響を及ぼしていない。これらより、飛散防止装置を付加した WJ 表面処理機を適用することによって、表面処理時に発生したミストや粉塵などは吸引され、作業環境の改善が図れることが確認できた。



図－3 飛散抑止試験結果

4. 実工事への適用

WJ 2号機と WJ 3号機を2ヶ所の上水道給水所の配水池改修工事に適用した。適用した工事は、写真－4に示すような壁・柱および天井の耐震補強工事に伴う研掃と塗膜除去である。

4.1 研掃

施工前に、WJ 2号機の WJ 装置の移動速度を設定するために、試験を行った。試験は、WJ 装置の水圧 200MPa 、流量 $20\text{l}/\text{min}$ を一定にして、移動速度 (1、3、5 m/min) と研掃したコンクリート表面の付着強度との関係を求めた。試験結果を図－4に示す。付着強度は全てが性能照査に用いられる基準値 $1.5\text{N}/\text{mm}^2$ 以上であった。さらに、WJ 2号機による付着強度は、ハンドガン (移動速度 $3\text{m}/\text{min}$ 相当で研掃) に比べて1.25倍以上であった。これは、WJ 表面処理機による施工では、ハンドガンの施工に比して、ノズルから処理面までの噴射距離が常に一定でかつ噴射角度が正対しているため、安定した表面処理が行われたためと考えられる。これらより研掃時の WJ 装置の移動速度は $5.0\text{m}/\text{min}$ とした。なお、同図中の WJ 3号機の付着強度は、実施工後の実測値である。

WJ 2号機による壁・柱の研掃面積は配水池 (A 池、B 池) の耐震補強部と表面劣化部の約 $6,850\text{m}^2$ 、WJ 3号機による天井の研掃面積は B 池の耐震補強部の約 210m^2 (5箇所 $\times 42\text{m}^2$) である。なお、WJ 3号機による研掃は1箇所を1日で行った。WJ 2号機および WJ 3号機による研掃状況を写真－5に示す。

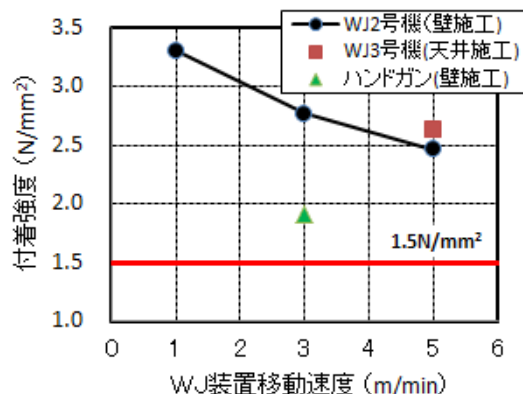
壁・柱部の人力による施工能力を1.0としたときの各機種による施工能力 (施工能力比) を図－5に示す。これより、WJ 2号機による研掃の処理能力は、人力によるハンドガン施工に比して約1.5倍以上となった。なお、WJ 装置は鋼製カバーで覆われているため、WJ 表面処理機による施工では入隅などの端部に未処理面が残り、ハンドガンなどの人力による表面処理と併用している。

4.2 塗膜除去

配水池内での塗膜除去では、除去された塗膜片などの飛散による作業環境の悪化が考えられることから、



写真－4 配水池内外観



図－4 移動速度と付着強度の関係



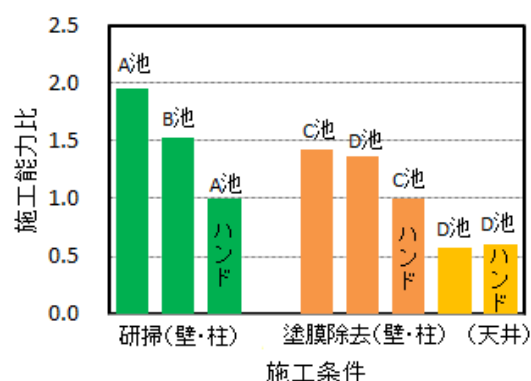
写真－5 研掃状況

飛散抑止対策を行って施工した。飛散抑止の対策として、WJ表面処理機には飛散抑止装置を付加し、人力による塗膜除去では吸引式ハンディー回転処理機を使用した。

WJ 2号機による壁・柱の塗膜除去面積は配水池（C池、D池）の約 2,130m²、WJ 3号機による天井の塗膜除去面積は D 池の約 420m²である。WJ 2号機と WJ 3号機および人力による吸引式ハンディー回転処理機を用いた塗膜除去状況を写真－6に示す。なお、WJ 装置の移動速度は、施工前に行った試験より、WJ 2号機が 0.8m/min、WJ 3号機が 1.5m/min とした。施工時の機器配置として、屋外に超高压水ポンプ（水圧 200MPa、流量 20ℓ/min）とバキューム車（吸入量 40m³/min）を配置した。

WJ 表面処理機の塗膜除去への適用により、以下のことがわかった。

- ① 人力による施工では3名（WJ 操作員+高所作業車操作員+ホース補助員）必要であったが、WJ 2号機と WJ 3号機では2名（WJ 操作員+ホース補助員）での施工が可能となり、省力化を図ることができた。
- ② 図－5 より、WJ 2号機による塗膜除去の処理能力は、人力による施工に比して、約 1.4 倍となった。一方、WJ 3号機による塗膜除去の処理能力は、今回狭隘な個所の施工のため WJ 3号機の移動頻度が多かったこともあり人力による施工と同等であった。
- ③ 目視観察であるが、飛散抑止装置によって塗膜除去時に発生したミストや粉塵などを吸引することができ、WJ 装置から粉塵などの漏れがほとんど見られず、作業環境の改善を図ることができた。



図－5 施工能力の比較



写真－6 塗膜除去状況

5. まとめ

開発した壁・柱用と天井用の WJ 表面処理機を実工事に適用し、以下のことが確認できた。その結果、当初の開発目的を達成することができた。

- ・壁・柱用の WJ 表面処理機の施工効率は、人力による施工に比して、研掃で 1.5 倍以上、塗膜除去で 1.4 倍以上向上した。
- ・処理面のコンクリートの付着強度は、人力による施工に比して、1.25 倍以上大きくなった。
- ・施工時の人員を削減できた。
- ・発生したミスト・粉塵などを装置内で吸引することにより、作業環境の改善ができた。

6. おわりに

今回の開発により、既に実用化している床用の WJ 表面処理機を含めて、広範囲な領域の壁・柱、天井、床の表面処理を効率的に施工できるようになった。今後もコンクリート構造物の改修工事における高速施工技術として積極的に活用していきたいと考えている。