

ウォータージェットを用いた コンクリート天井の表面処理機

白石 祐 彰・石 井 敏 之・川 西 健 之

コンクリート表面を薄く切削する研掃や劣化した塗膜を除去できる天井用のウォータージェット表面処理機を開発し、コンクリート構造物の補修・補強工事に適用した。その結果、従来の人力によるハンドガンタイプなどのウォータージェット工法に比して、同等以上の処理能力、処理面と後打ちコンクリートとの付着強度の向上および作業環境が改善できることを実証した。これにより、既に実用化している壁・柱用ウォータージェット表面処理機と合わせて、コンクリート構造物の表面処理を効率的に施工することが可能となった。

キーワード：ウォータージェット、表面処理機、塗膜除去、研掃、コンクリート天井

1. はじめに

上水道施設における配水池などの補修・補強工事では、広範囲にわたってコンクリート表面の古い塗膜除去や研掃などの表面処理が行われる。このような表面処理はウォータージェット（以下、WJと表記）工法で行われ、主にハンドガンなどを用いた人力で行われている。そのため、表面処理の品質や速さが作業員の技量に左右されること、苦渋作業の繰り返しによる作業効率の低下、施工中のミストや粉塵等の飛散による作業環境の悪化などの問題がある。

そこで、このような問題点を解決し、かつ広範囲な領域を効率よく表面処理することを目的に、WJを用いた天井用の表面処理機を開発し、実工事に適用した。本報では、開発した天井用 WJ 表面処理機の概要と実工事へ適用した塗膜除去と研掃結果について報告する。

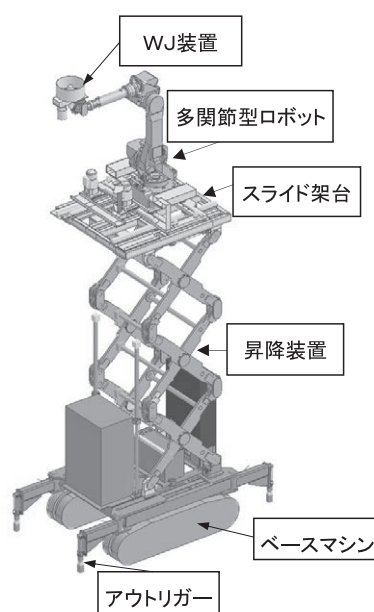


図-1 天井用 WJ 表面処理機

2. 天井用 WJ 表面処理機の概要

(1) 基本的な構造と性能

天井用 WJ 表面処理機は、WJ 装置が装備された多関節型ロボットを水平移動できるスライド架台に組み込み、この架台を上下させる昇降装置に固定し電動式のクローラ型ベースマシンに搭載した装置である。駆動源には、騒音や排気ガス対策の観点から、内燃機関ではなく電動モータを用いた。外観を図-1、諸元を表-1に示す。

表-1 天井用 WJ 表面処理機の諸元

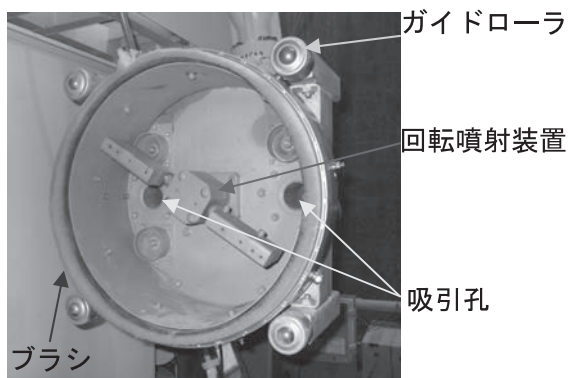
項 目	諸 元	備 考
寸 法	2000(L) × 1520(W) × 3200(H) mm	
重 量	50 kN	
施工 範囲	天 井	2000 × 3300 mm = 6.6 m ² 最大施工範囲
	高 さ	4000 ~ 6500 mm 最大施工時
WJ 装置	寸 法	380(内径) × 171(D) mm
	移動速度	0.5 ~ 10.0 m/min
	噴射方式	2 本ランスノズルを有する 回転噴射装置 1 基
		1 本ランスノズル に 4 ノズル設置

(a) 多関節型ロボットの使用

産業用のロボットとして、三次元立体形状の外周面に沿ってアーム先端部が精度よく移動できる、多関節型ロボットが種々開発されている。このような多関節型ロボットのアーム先端部に WJ 装置を取り付け、天井面に沿って所定の速度で WJ 装置を移動させて表面処理を行った。

(b) WJ 装置

WJ 装置は、写真—1に示すように、回転噴射装置（ノズル径 0.35 mm）から超高压水を噴射し、高速で回転させることによって表面処理を行う。ミストや粉塵の飛散を抑止するために、天井までの距離を一定に保つガイドローラを4角に設置し、天井との隙間を覆うブラシを取り付けた。さらに、内部には吸引孔を2ヶ所設け、バキュームによる回収を可能にした。



写真—1 WJ 装置（飛散防止機能付）

(c) 安全装置

作業中に処理機全体の安定性を確保するため、装置の四隅にアウトリガーを設置した。走行装置停止時に外側に張り出す構造で、アウトリガーが伸長されていないと昇降装置が作動しないインターロックが働く。

(d) 運搬方法

多関節型ロボットを外し2分割にすることで、大型低床タイプのトラックで運搬が可能である。

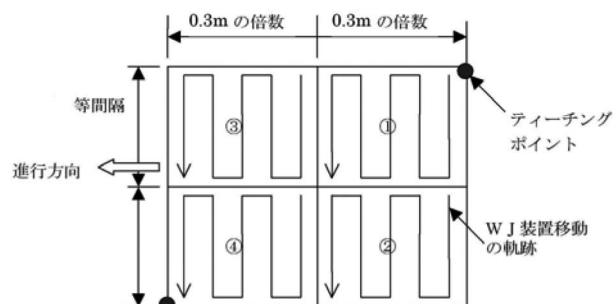
(2) 施工手順

操作者は、ベースマシンを固定し、昇降装置を所定の高さに合わせた後、図—2に示す施工範囲の端部である2ヶ所のティーチングポイント（教示位置）を処理機に手動操作で記憶させると、以下の動作が自動的に行われる。

- ・施工範囲を自動的に①～④の区画に分割する
- ・①区画から一筆書きの軌跡を描き、設定された一定速度と間隔で WJ 装置が移動して、図—2に示す範囲の表面処理を始める

- ・スライド架台が固定した状態で多関節ロボットだけが動作して①区画の処理を終える
- ・その後、スライド架台が②区画に移動して、②区画を処理する
- ・③区画、④区画も同様に処理する

写真—2の黒い部分が表面処理された天井で、図—2の③区画を表面処理している状況を示している。



図—2 天井面の施工範囲



写真—2 実証実験による表面処理状況

3. 天井用 WJ 表面処理機の実施工

天井用 WJ 表面処理機を2ヶ所の上水道給水所の配水池改修工事に適用した。写真—3に示すような配水池の天井部の補修・補強工事において劣化した塗膜の除去および目荒しとしての研掃作業が行われた。



写真—3 上水道給水所の配水池

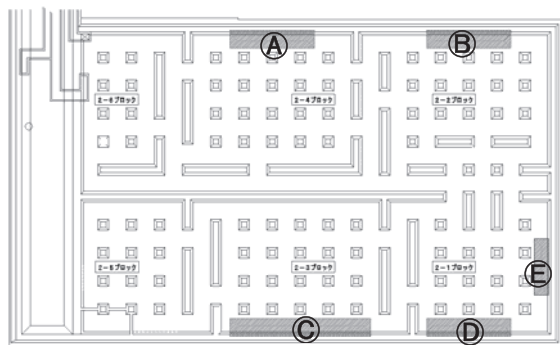
(1) 研掃

研掃は、コンクリート構造物の表面処理で、耐震補強箇所のコンクリート表面の脆弱部の除去と目荒しを行う作業である。天井用の WJ 表面処理機の施工状況を写真—4 に示す。屋外に超高圧水発生装置（水圧 200 MPa）を配置し、図—3 の薄墨色部分（A～E）を施工した。施工面積は、A、B、D が 39 m^2 ($2.5 \text{ m} \times 15.6 \text{ m}$)、C が 65 m^2 ($2.5 \text{ m} \times 26 \text{ m}$)、E が 26 m^2 ($2.5 \text{ m} \times 10.4 \text{ m}$) であった。施工前に実施した研掃確認試験より、WJ 装置の移動速度を 5.0 m/min とした。今回の研掃は、1ヶ所当りの施工面積が小さく、施工箇所（A～E）の関係から処理機の移動に時間を要したため、 $26 \sim 65 \text{ m}^2/\text{日}$ となった。

研掃後の天井面に対し建研式付着試験により付着強度試験を実施した。付着強度は、表面処理の性能照査



写真—4 施工状況（研掃）



図—3 研掃した配水池の平面

表—2 付着強度試験の結果

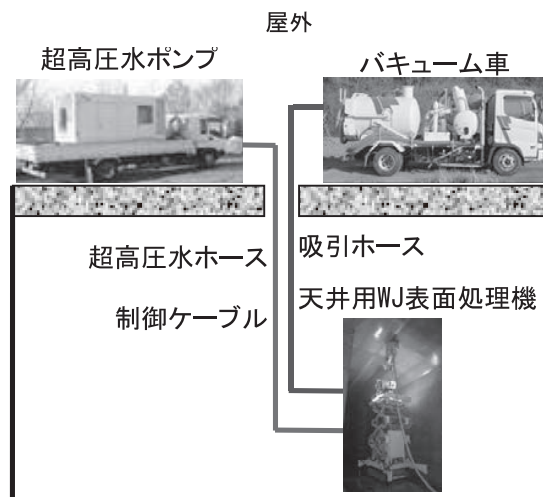
No	付着強度 (N/mm^2)	破壊面
1	2.26	接着破壊
2	3.23	母材破壊
3	2.01	接着破壊
4	3.19	接着破壊
5	2.49	界面破壊

に用いられる基準値¹⁾の 1.5 N/mm^2 上であった（表—2）。これより、天井用 WJ 表面処理機による表面処理は、良好に付着強度が確保できる処理手法であることを確認した。

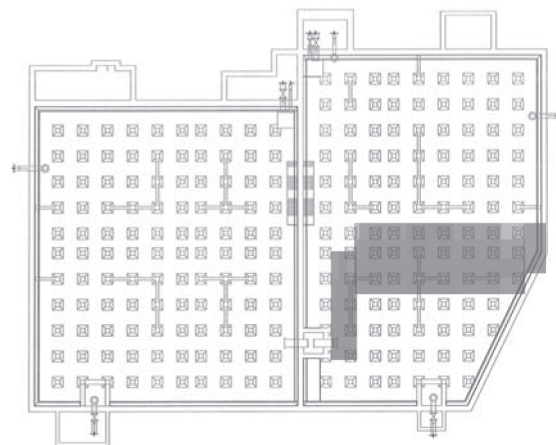
(2) 塗膜除去

配水池のコンクリート表面の劣化した塗膜の除去では、ミストや粉塵などの飛散物による作業環境悪化を防止するため、図—4 に示すように屋外の超高圧水発生装置（水圧 200 MPa）に加え、バキューム車（風量 $40 \text{ m}^3/\text{min}$ ）を配置し、除去した塗膜などを強制的に回収した。

施工は、 421 m^2 の天井部（図—5 の薄墨色部分）を WJ 装置の移動速度 0.8 m/min で行った。施工状況を写真—5 に示す。施工効率は、柱の間隔により施工幅が小さく、処理機稼働後の機械の設置および再調整に時間を要したため人力と同等 ($40 \text{ m}^2/\text{日}$) であった。



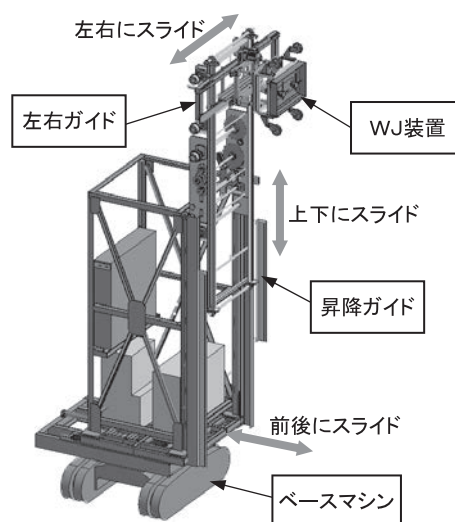
図—4 各装置の配置



図—5 塗膜除去した配水池の平面図
(薄墨色部分は天井用 WJ 装置による施工箇所)



写真—5 施工状況（塗膜除去）



図—6 壁・柱用 WJ 表面処理機

4. 結論

天井用のウォータージェット表面処理機を開発し、実工事に適用した。従来のハンドガン等の人力施工に比べて以下の点で優れていた。

- ①仕上がり面の品質のばらつき（コンクリート表面の凸凹度）が改善され、処理面と後打ちコンクリートとの付着強度が確保できた
- ②ミストや粉塵等の飛散が抑制され、高所作業の必要がなくなり、作業環境が改善した

5. おわりに

壁・柱用 WJ 表面処理機が既に実用化されており（図—6、写真—6）、処理能力は、人力によるハンドガンタイプよりも研掃で約 2.0 倍、塗膜除去で約 1.4 倍であった²⁾。今回開発された天井用 WJ 表面処理機と合わせて、コンクリート構造物の表面処理を効率的に施工することが可能となった。今後は、天井用 WJ 表面処理機のさらなる改良、改善点を抽出し、施工効率の向上を図るとともに、配水池以外の構造物に適用し、用途の拡大を図っていきたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 例えば、NEXCO 東日本・NEXCO 中日本・NEXCO 西日本、「構造物施工管理要領」, pp.3-12, 2012.7
- 2) 石井敏之、森本克秀、川西健之、「壁・柱部用ウォータージェット表面処理機の開発」, 第 13 回建設ロボットシンポジウム, pp.143-150, 2012.9



写真—6 壁・柱用 WJ 表面処理機の施工状況

【筆者紹介】

白石 祐彰（しらいし ひろあき）
 ㈱奥村組
 技術研究所
 主任研究員



石井 敏之（いしい としゆき）
 ㈱奥村組
 技術研究所
 主席研究員



川西 健之（かわにし たけゆき）
 ㈱奥村組
 東日本支社
 機械部
 課長

