

ウォータージェットによる コンクリート表面処理機の開発

－天井用と床用表面処理機の開発と実工事への適用－

Development of Concrete Surface Treatment Devices Using Water Jet - Development and Practical Application of Devices for Treating Ceiling and Floor Surfaces -

白石祐彰* 石井敏之* 川西健之** 森本克秀***

要 旨

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と床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。このことから、開発した表面処理機と、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、飛散抑制

1. まえがき

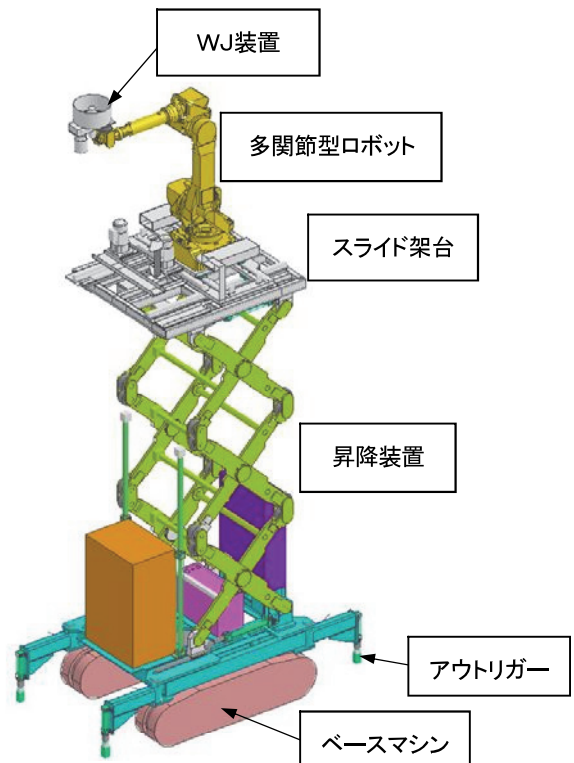
上水道施設における配水池などの耐震補強工事では、広範囲にわたってコンクリート表面の古い塗膜除去や研掃などの表面処理が行われる。このような表面処理はウォータージェット（以下、WJ と表記）工法で行われ、主にハンドガンなどを用いた人力で行われている。そのため、表面処理の品質や速さが作業員の技量に左右されること、苦渋作業の繰り返しによる作業効率の低下、施工中のミストや粉塵等の飛散による作業環境の悪化などの問題がある。

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 を用いた天井用および床用の表面処理機を開発し、実工事に適用した。本報では、開発した天井用と床用の 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。

2. 天井用WJ表面処理機の概要

2.1 基本的な構造と性能

天井用 WJ 表面処理機は、WJ 装置を装備し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を電動式のクローラ型



図－1 天井用WJ表面処理機

*技術研究所 **東日本支社機械部 ***東日本支社環境技術部

表-1 天井用WJ表面処理機の諸元

項目		諸元	備考
大きさ		2000(L)×1520(W)×3200(H)mm	
重量		50kN	
施工範囲	天井	2000×3300mm=6.6m ²	最大施工範囲
	高さ	4000～6500mm	最大施工時
WJ装置	寸法	380(内径)×171(D)mm	
	移動速度	0.5～10.0m/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

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。

a. 多関節型ロボット

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 0.35mm）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。ミストや粉塵等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四隅に設置し、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箇所設け、バキュームによる回収を可能にした。

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。

2.2 施工手順

操作者が、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箇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。

- i. 施工範囲を自動的に①～④の区画に分割する
- ii. 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

- iii. スライド架台は固定された状態で、多関節型ロボットだけが動作して①区画の処理を終える
- iv. 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
- v. ③区画、④区画も同様に処理する

写真-2に実証実験による表面処理状況を示す。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。

3. 床用WJ表面処理機の概要

床用WJ表面処理機を写真-3に、諸元を表-2に示す。床用WJ表面処理機は、床面までの高さが調整できるWJ装置を、移動速度をインバータ制御できる台車に搭載して、その台車を移動させることによって表面処理

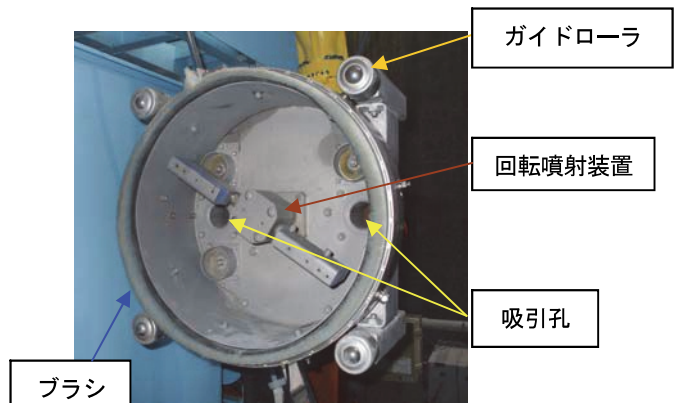


写真-1 WJ装置（飛散防止機能付）

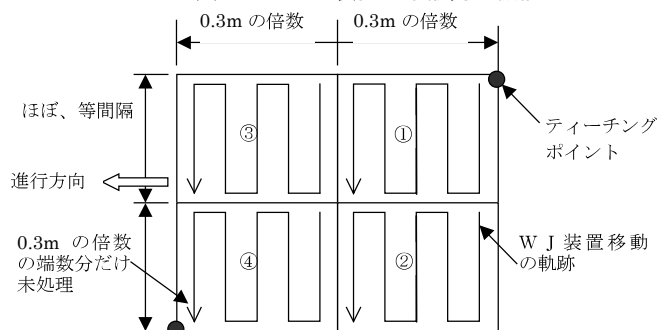


図-2 天井面の施工範囲

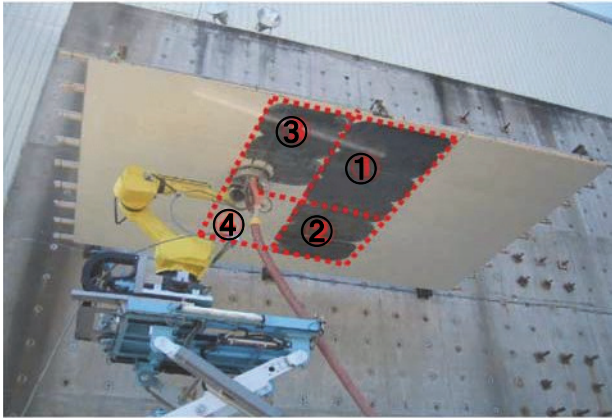


写真-2 実証実験による表面処理状況



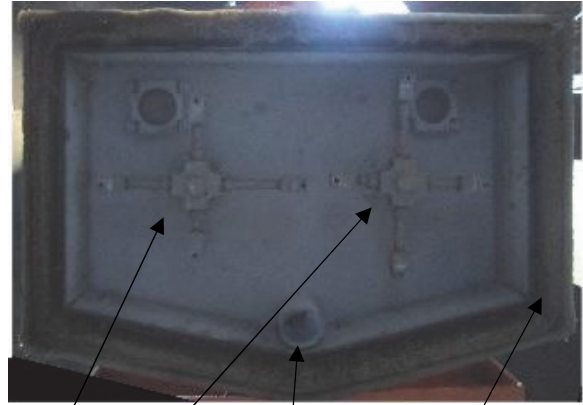
スタートレバー WJ装置

写真-3 床用WJ表面処理機

を行う。

台車の移動は、操作者が台車上の制御盤で移動速度と進行方向（前進 or 後退）を設定し、スタートレバーを引くことにより、自動的に開始する。また、台車の進行方向の修正は、操作者がハンドルバーを操作することによって行うことができる。

WJ装置を写真-4に示す。WJ装置は、長さの異なる4本のランスの先端にノズルを設置した回転式噴射装置2基をブラシ付き鋼製カバーで覆ったもので、ノズルから超高压水を噴射し、噴射装置を高速回転させることによって表面処理を行う。また、鋼製カバー内に設けた



回転式噴射装置 吸引孔 ブラシ(2重化)

写真-4 床用WJ装置

φ60mm の吸引孔によって、発生したミストや粉塵等を吸引し飛散抑止することができる。

4. 天井用WJ表面処理機の実施工

天井用 WJ 表面処理機は、2 箇所の上水道給水所の配水池改修工事に適用された。写真-5に示すような配水池の天井部の増厚を目的とした耐震補強工事において、塗膜除去および研掃作業が行われた。

4.1 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-6に示す。屋外に超高压水発生装置（水圧 200MPa）を配置し、図-3の赤色部分（A～E）を施工した。施工面積は、A、B、Dが 39m²（2.5m×15.6 m）、Cが 65m²（2.5m×26 m）、Eが 26m²（2.5m×10.4 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 箇所当りの施工面積が小さく、施工箇所（A～E）の位置関係から処理機の移動に時間

表-2 諸元

項 目		諸 元
大きさ		1050(L)×850(W)×1080(H)mm
重 量		
WJ 装置	寸 法	500(L)×730(W)mm
	移動速度	0.5～5.0m/min
	施工幅	600mm



写真-5 上水道給水所の配水池



写真-6 施工状況 (研掃)

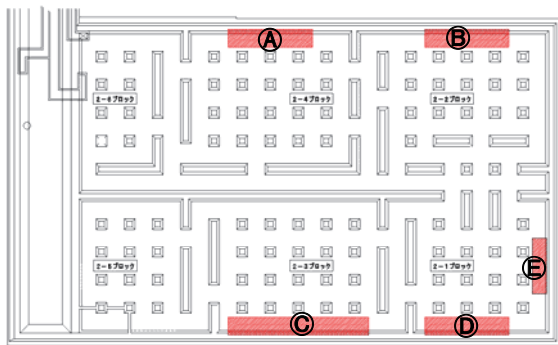


図-3 研掃した配水池の平面図

を要したため、施工効率は人力とほぼ同程度であった。

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、全てのケースにおいて表面処理の性能照査に用いられる基準値¹⁾の 1.5N/mm² 以上であった (表-3)。一般的なコンクリートの引張強度 (圧縮強度の 1/8~1/12 程度、圧縮強度 24N/mm² であれば 2.4N/mm² 程度) と比べても遜色ない強度であった。このことから、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。

4.2 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、ミストや粉塵等の飛散物による作業環境の悪化を防止するため、図-4 に示すように、屋外の超高压水発生ポンプ (水圧 200MPa) に加え、バキューム車 (風量 40m³/min) を配置し、除去した塗膜などを強制的に回収した。

表-3 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

421 m² の天井部 (図-5 の赤色部分) の施工は、WJ 装置の移動速度 0.8m/min で行った。施工状況を写真-7 に示す。施工効率は、処理機稼働後の再調整に時間を要したため人力と同等であった。

5. 床用WJ表面処理機の実施工

適用した表面処理の内容は、配水池内床版部の劣化した塗膜除去と増厚耐震補強に伴う頂版上面の研掃作業である。施工状況を写真-8 と写真-9 に示す。

5.1 研掃

図-5 に示す頂版上面の全範囲を施工した。施工前に実施した研掃確認試験より、床用 WJ 表面処理機の移動速度は 2.5m/min とした。床用 WJ 表面処理機による研掃は順調に施工することができ、人力施工よりも均一で安定した目荒しができた。

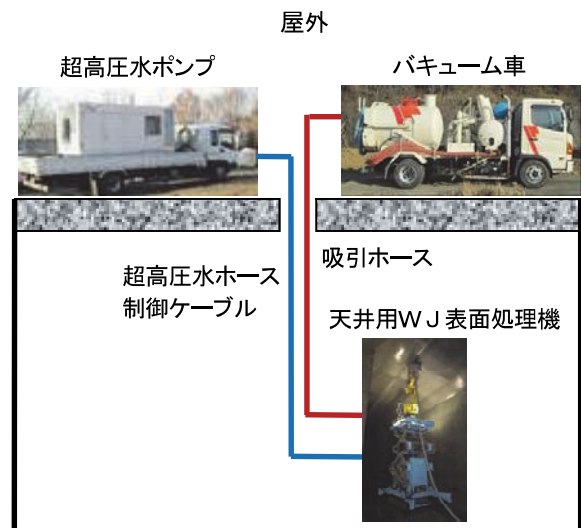


図-4 各装置の配置

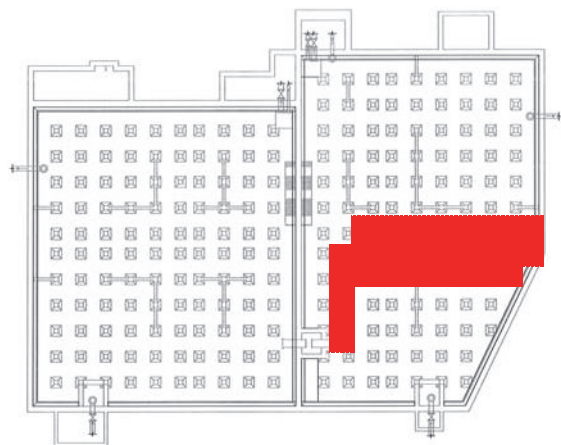


図-5 塗膜除去した配水池の平面図 (赤色部分は天井用WJ装置による施工箇所)



写真-7 施工状況（塗膜除去）

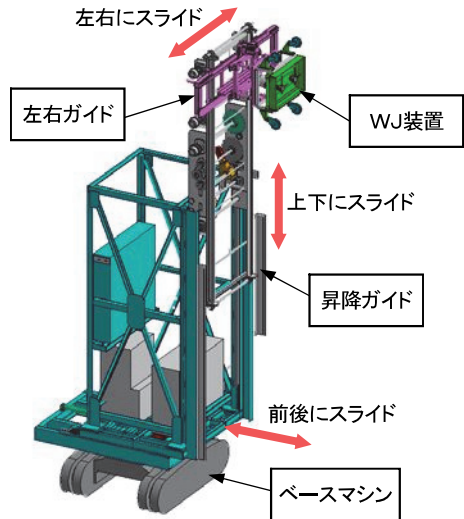


図-6 壁・柱用WJ表面処理機



写真-8 施工状況（研掃）



写真-10 壁・柱用WJ表面処理機の施工状況



写真-9 施工状況（塗膜除去）

5.2 塗膜除去

施工は、図-5に示す床版全面の範囲にミスト・粉塵対策（バキュームによる吸引）を適用して行った。なお、床用 WJ 表面処理機の移動速度は、施工前に行った塗膜除去確認試験より 0.8m/min とした。その結果、床用 WJ 表面処理機による塗膜除去の処理能力は、人力に比して向上した。また、ミスト・粉塵対策により作業環境の改善が図れた。

6. 壁・柱用WJ表面処理機との併用

図-6に示す壁・柱用 WJ 表面処理機は既に実用化されており（写真-10）、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⁾³⁾。今回開発された天井用および床用 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できることが可能となった。

7. 結論

天井用と床用の WJ 表面処理機を開発し、実工事に適用した。その結果、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ることが確認できた。

- i. コンクリート表面における凸凹の程度が均一になり、仕上がり面の品質のばらつきが改善され、処理面と後打ちコンクリートとの付着強度が向上した
- ii. 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

8. あとがき

今後は、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。

【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、白石祐彰、森本克秀、川西健之、「ウォータージェットによるコンクリート表面処理技術－壁・柱部用表面処理機の性能評価試験－」、奥村組技術年報、No37、pp.80-85、2012.9
- 3) 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