

ウォータージェットによるケレン装置の開発

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○長谷川祐二
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 田母神宗幸
 川崎重工業(株) 辻田 京史

1. はじめに

現在鉄道橋りょうの塗装の塗り替え作業は、殆ど人力作業で行われている。このうちケレン作業と呼ばれる素地調整は、ディスクグラインダー・角ノミ等の簡易手工具による作業となっているため、ボルト・リベット等の接合部、狭陰箇所サビや酸化膜の除去が十分でないことが多い。さらにこの方法では作業中の粉塵の発生量が多く、劣悪な作業環境となっている。

このような問題を解決するため、ウォータージェット(以下「WJ」と言う。)によるケレン装置の開発を行い、現時点において実用化の目処がついた。ここでは開発の経緯について報告する。

2. 適用試験

WJによる橋りょうケレンが可能であることを確認する試験を行った。試験は既設の切断加工用のWJ装置を用いて塗膜剝離を行った。条件は水圧は1,000、2,000kg/cm²、水量は2.53、3.58 ㍓/min、ノズル径は0.4mm、使用水は純水と研磨材混入水として、次の2ケースについて行った。

① 離隔を50~400mmとし、噴射時間2秒で1点集中噴射した場合

② 離隔を200~500mmとし、ノズル移動速度を0.2~30m/minとした場合

試験の結果、①では研磨材の有無にかかわらず母材まで削り込まれること、②では離隔・移動速度の変化により、純水であっても剝離程度をコントロールできることが確認され、WJによるケレンは十分可能であることがわかった。

3. 目標の設定

目標とする性能は、施工条件や塗装技術者の意見を考慮して以下のように定めた。

① 3種ケレン(塗膜劣化度P-Ⅲ)ができる。

② 作業効率は20㎡以上とする。

③ 重量は従来工具と同程度の2~3kgとする。

④ 仮設足場上での作業を可能とするため、WJ噴射反力が負担にならず片手操作ができる。

⑤ 安全装置を有し、複数機の同時作業ができる。

4. 要素試験と装置の試作

(1) 要素試験

目標とした性能に必要な、高圧水噴射系の仕様を決定するため、表-1の試験パラメータによって要素試験を行った。試験片にはサビ具合が3種ケレン程度の発生術を用いた。また圧力と流量から計算するとノズル1個当たり約1kgの反力となること、片手操作可能な反力は3kgが適当と判断したことからノズル個数は3個とし、直列配置と円配置の2タイプのノズルホルダーを採用した。

その結果105ケースのデータから、ノズルの往復揺動と回転揺動の高圧水噴射方式ではノズル径がφ0.15mm以上、高圧水圧力が1,000kg/cm²以上でケレンが可能となることがわかった。

(2) 装置の試作

このため試作装置の仕様は、表-2を基準として、把持方式・ノズル配置・重量の異なる6タイプの装置を試作した。重量は1.2~1.9kgである。

表-1 試験パラメータ

パラメータ	設定値
高圧水圧力(kg/cm ²)	1,000, 1,500, 2,000
ノズル径(mm)	φ0.10, φ0.15, φ0.20
ノズル移動速度(m/min)	0.5, 1.25, 2.5, 5.0
スタンドオフ(mm)	10 ~ 200

表-2 試作装置の仕様

水 圧	1,500 kg/cm ²
	2,000 kg/cm ²
ノズル径	φ0.15mm×3個
	φ0.20mm×3個
揺動回数	600~1,300 回/分

5. 試作装置による性能試験

(1) 工場試験

試作装置の形式別による剝離性能を比較検討する目的で、試作装置と工場内の高圧水

発生装置、試験片を使用して剝離性能試験を行った。試験は試験片 0.1 m^2 当たりの塗膜剝離・洗浄時間を計測して1時間当たりの作業効率に換算した。この結果、試作した6タイプを比較すると、把持は前方突き出し（ガンタイプ）方式で、ノズルの円配置、重量 1.2 kg のタイプが最も操作性に優れていることがわかった。また目標とした性能に対しては、3種ケレンができること、重量 1.2 kg であること、WJ噴射反力を負担に感じないことが確認された。（写真-1）

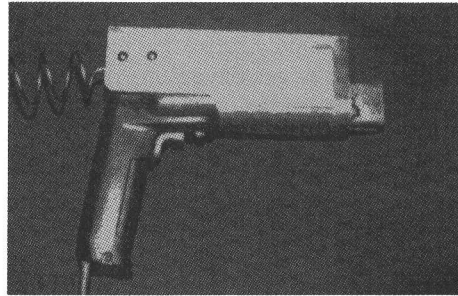


写真-1

しかし作業効率は $10\text{ m}^2/\text{時間}$ となり、目標の約 $1/2$ となった。この原因としては小型化による高压管の圧力損失 $400\text{ kg}/\text{cm}^2$ と考えられた。

(2)実橋試験

作業効率向上のため、圧力損失対策として高压管の柔軟性を損なわず管径を増大すること、安全装置として小型開閉弁を開発して把持部に組み込む改良を行い、改良後の剝離性能を確認するため、トラス橋において剝離試験を行った。（写真-2）

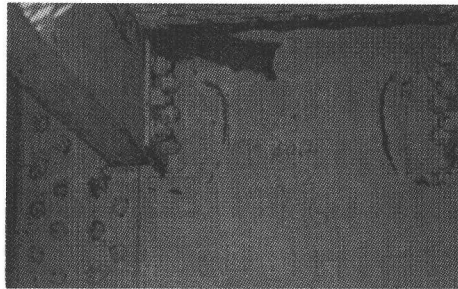


写真-2

この結果、ガンタイプ装置1個当たりの剝離性能は $15\text{ m}^2/\text{時間}$ となり、約5割の向上をみたが、目標の 20 m^2 を下回った。対策として圧力増加（ $2,000\text{ kg}/\text{cm}^2$ から $2,200\text{ kg}/\text{cm}^2$ ）、ノズル径拡大（ $\phi 0.15\text{ mm}$ から $\phi 0.20\text{ mm}$ ）と変更して追加試験を行ったが、作業効率は $16\sim 17\text{ m}^2/\text{時間}$ となり変更効果はみられなかった。

この原因として以下の内容が考えられた。

- ①水圧などの水の噴射エネルギーが弱い。
- ②噴流にみられる乱れから噴射エネルギーが拡散されている。

6. 作業効率向上の対策

機械材料の切断加工は、水圧による衝撃力にキャビテーション気泡の衝撃圧を重畳して切断に必要な高い噴射エネルギーを生み出している。このことから作業効率を高めるには、キャビテーション気泡を噴流中に作り出すことが効果的と考える。

このキャビテーションとは、乱れない噴流周りで局所的に液圧が低下し、液中に微細な気泡が発生して急激に大きく成長する現象をいう。この気泡は、壁面などに衝突して崩壊するときに高い衝撃圧を発生する作用があり、噴流の特徴として離隔が大きくなるにつれ仕事量に第1ピークと第2ピークが表れることである。（図-1）

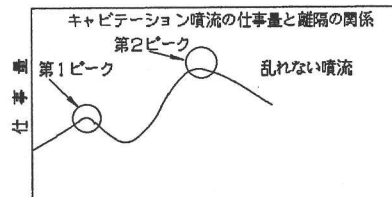


図-1 仕事量と離隔の関係

今後作業効率の向上対策で、噴流の乱れを改善するためには、現在の噴流をキャビテーション噴流に近づけることである。この方法としては、ノズルホルダーまたはケーシング内に整流器を付加するなどの改良を行い、整流性を高めることが考えられる。

このような改良を行っていく予定である。