

VI-202

大規模橋梁補修工事におけるウォータージェット工法の選定

(株) 大林組 正会員 友石 研二

(株) 大林組 登坂 知平

日本道路公団 木島 利行

日本道路公団 岡井 賢一

1.はじめに

日本海の冬は季節風の強いことで知られている。この沿岸に位置するA橋梁（ディビダーク工法）では、潮風等により、飛来した塩分が内部まで浸透している。コンクリート内に浸透した塩分は、鉄筋を腐食させコンクリートを劣化させる。

塩分が比較的深く浸透したものは、塩分濃度の高い部分のコンクリートを研りとり、断面を修復する工法が用いられている。研り取りの工法としては手研りを始め、機械研りやウォータージェット研りなど多くの工法がある。

本報告は、PC箱桁橋の修復工事に当たり、研り工法として優れた特長を持つウォータージェットによる研り工法を紹介する。

2.ウォータージェット研り工法開発の背景

PC橋梁やディビダーク橋梁は比較的高強度コンクリートが使われている。この高強度コンクリートを手研りする場合は苦渋作業となる。橋梁修復は橋梁下面の作業であり、作業者は主に上向きで研り作業を行わなければならない。粉塵が発生し、小粒子は飛散し顔に当たる。研ったコンクリート片は作業者に向かって落下してくる。ピックハンマーやブレード等は振動作業であり連続作業は規制されている。このような環境下の作業を橋梁全面に渡って行うには多数の熟練工が必要となる。しかし、苦渋作業を長期に耐え得る熟練工の確保は困難な時代となっている。このような状況下で比較的自動化、機械化が可能で品質面でも優れているウォータージェット工法の開発が望まれた。

3.手研り工法とウォータージェット工法の比較

研り工法に対する品質面では、表-1のような評価がなされ、ウォータージェット研り工法が優れていることが分る。ここでは主に手研りとの比較をしているが、ウォータージェット以外の研り工法である機械研り（カッターローダ、衝撃式研り機等）も、手研り同様あるいはこれ以上にコンクリートや鉄筋に与えるマイナスの要因が大きいものとする。

表-1 人力研りとウォータージェット研り工法の比較

人力研り工法	ウォータージェット工法
・衝撃による研りのため、劣化部分だけでなく、健全部分の損傷が考えられる ・マイクロクラックを生じる恐れがある ・表面に粉塵等が残り洗浄する必要がある ・鉄筋を傷つける恐れがある ・鉄筋の錆を落とすにはサンドブラスト等が必要となる ・鉄筋裏側の研りは難しい	・劣化部は良く研ることができ、健全部を傷めない ・マイクロクラックを生じない ・表面は清浄であり修復剤の接着性向上を期待できる ・鉄筋を傷つけることなく鉄筋の錆び落としも同時にできる ・鉄筋裏側の研りも可能である

4.ウォータージェット研りロボット

(1)システムの構成

研りシステムは図-1に示すように超高压発生装置、ノズルを操作する研りロボット、ずり処理、及び排水処理装置からなっている。このうち超高压ポンプ並びに研りロボットの仕様を表-2, 3に示す。

表-2 超高压ポンプ仕様

項目	内容
増圧機形式	ダブルアクチング油圧駆動方式×2
吐出圧力	2500kgf/cm ²
吐出流量	23.8 l/min
油圧回路方式	セミオープン回路方式
エンジン出力	250HP

表-3 研りロボット仕様

項目	内容
形式	ティーチングブレイバック方式
走行速度	200～800mm/min
横行速度	200～800mm/min
ノズル回転数	10～60rpm
ノズル追従円弧半径	±100mm

(2)研りロボット

研りロボットは図-2に示すように橋梁に懸架式である。橋梁補修は吊り足場によって行われる。吊り足場上を走行する三次元ロボット等による研り方法も考えられるが、

ウォータージェットによる研り作業は、ノズルと研り面との距離（スタンドオフ）を精度よく制御する必要があり、橋梁の振動によって三次元ロボットでは平面的位置やスタンドオフを精度よく保持することが難しい。また本体重量は懸架式が軽い、などから懸架式を採用した。

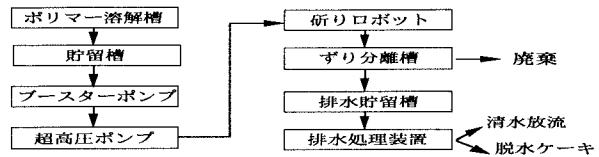


図-1 ウォータージェット研りシステム

表-4 予備実験時の供試体配合

供試体名	配合強度 (kgf/cm^2)	Gmax (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位(kgf/m^3)					備考
					C	W	S	G	Ad	
予備実験用	475	25	37.5	43.5	437	664	777	1028	4.37	G:砂利
室内実験用	594	20	34.5	37.7	479	165	640	1100	8.143	G:碎石

ロボットの機能の主なものは、ノズルの横行および走行はストローク計を装備している。研り面には座標設定を行い位置の再現性が高い。あらかじめ障害物の位置を入力することで、これを避けて研りを行うことが可能である。スタンドオフは、研り前に自己位置から研り面までの距離を読み取り、このデータによってノズルのスタンドオフを制御する。また、研り深さは、研り前の計測データから研り後の計測データの差を表示する。移動速度はパルスモータによって制御し、ノズルガイドの平行性を維持している。研りのモードは橋軸方向研りや横断方向（橋軸直角方向）研り等を選択することができる。

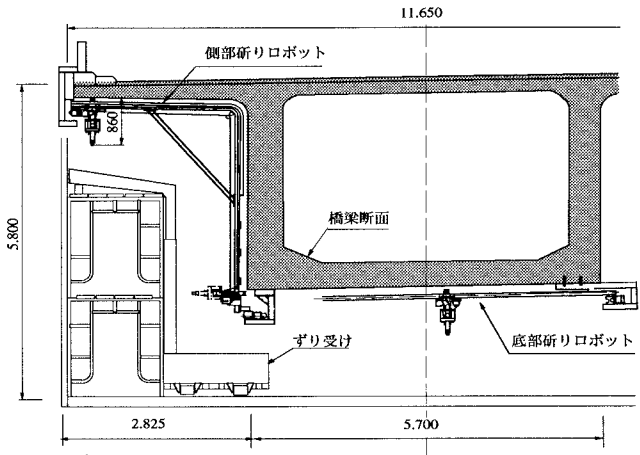


図-2 研りロボット設備図

研りロボットの仕様決定に当たって重要なことは、超高压ポンプの能力を十分引き出すことのできる研りを実現することである。このため予備実験を行って諸設定値を選定した。その後完成したノズルヘッドを使って室内実験、現場実験（2回）の計4回の研り実験を行った。これらの実験のうち、予備実験と室内実験に使った供試体のコンクリート配合は、表-4.5の通りである。研り実験時の供試体圧縮強度は両者約、 $500\text{kgf}/\text{cm}^2$ であった。実験では研り速度に関係する数種の要因を変えて行った。これらの結果のうち研り速度に関する結果を図-3に示す。図からも分かるように本橋梁での最適研り深さ50mmでの、最適ノズル移動速度は250mm/minであった。

5.おわりに

ウォータージェットによる研りでは、このように大規模面積の研り工事は前例がなく、当工事には十分な成果を期待している。最後に研り工法を含めロボットの開発に多くのご指導を頂いた関係各位に感謝致します。

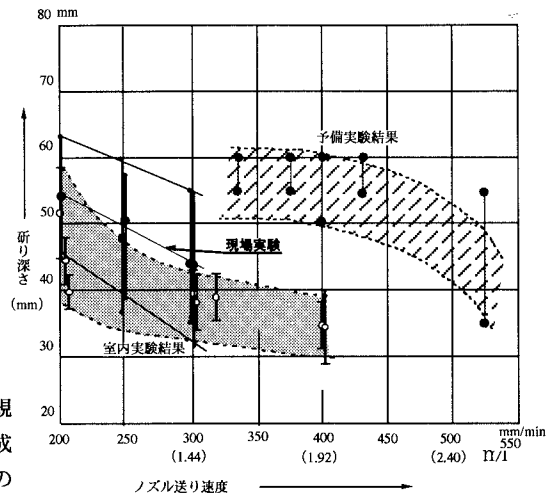


図-3 予備実験および室内実験結果