

ラバーシリンダ式高圧水発生方式による ウォータジェットはつり工法の開発

山口久幸・増田 晋

ウォータジェット工法に不可欠な「水」は、その供給と廃水処理に関し手間とコストが掛かるのが難点であり、現場施工に際し大きな課題となっている。

ラバーシリンダ式高圧水発生装置は簡便な設備による噴射廃水の循環が可能であり、ウォータジェット工法の合理化とコスト縮減に貢献できるものと期待されている。

本報文では、ラバーシリンダ式高圧水発生装置の概要と施工例について報告するものである。

キーワード：補修，リサイクル，はつり，ウォータジェット，アプレシブ，ラバーシリンダ

1. はじめに

財団法人建設経済研究所は2001年5月に、2020年度までの建設市場の予測を発表した。2020年度の市場を2000年度と比べると、建設市場全体では2～15%程度減少するものの、補修分野の市場は最大で4割伸びるとみられている。

高度経済成長期に造った大量の土木構造物の老朽化が進み、間もなく補修が必要になる時期を迎えるからだ。

近年、我が国の既設コンクリート構造物劣化は大きな社会問題をも引き起こしている。かかる状況の中、その補修・補強工事の技術は日進月歩の勢いで発展し、高速噴流水を利用したウォータジェットによる既設コンクリートの表面処理、はつり、切断、削孔等の「ウォータジェット工法」においてもその施工品質が向上しつつある。

今後、既設コンクリート構造物の維持・補修工事においても社会情勢や経済情勢の変化に伴って、環境対策、安全対策、省資源対策、コスト低減対策などの課題に取組み、発展させて行く必要があるが、コンクリート構造物の表面処理、はつり、切断、削孔等においては、数多ある工法の中からウォータジェット工法を選択する意義と目的を十分に検討することが重要である。

高速道路等コンクリート構造物を多数所有する日本道路公団ではコンクリート構造物の補修補強

において、

- ・変状箇所の点検、
- ・新部材との付着力の確保、
- ・変状箇所の除去、
- ・劣化因子の除去、

等を目的として、ウォータジェットを用いた既設コンクリートの各種処理工法の検討がされている。

従来は、これらの処理を既設コンクリートに与える悪影響を考慮しないまま、ハンマによる叩き落とし、ディスクサンダやピックハンマによるチップング、ブレーカによるはつり処理などが実施されてきた。しかしながら近年の研究の結果、これらの処理工法は、処理深さの不足や打継ぎ面にマイクロクラックが発生する等、付着力、新旧コンクリートの一体化性状に悪影響を及ぼすことが判明している。さらに、ブレーカを用いたはつり処理は、既設鉄筋にも損傷を与え、補修・補強効果を妨げる要因となっている。

ウォータジェット工法は、従来の処理工法に替わる補修技術であり、処理面に悪影響を与えることなく一体化性状に適した処理効果が得られ、既設鉄筋にも損傷を与えないのが特長である。

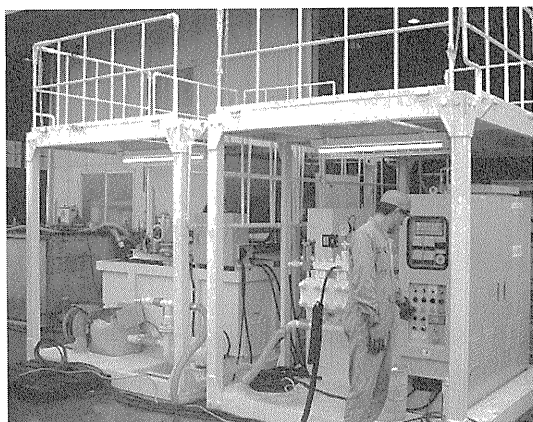
凍害や塩害、中性化、アルカリ骨材反応等、コンクリート構造物の劣化は多様であり、適切な補修技術をもって対処することが構造物延命化のポイントである。

2. 開発のねらい

現在、実用化されているウォータージェットによるコンクリート構造物のはつり工法としては、超高压少量タイプ（200 MPa, 25～50 L/min 程度）と、高压大量タイプ（100 MPa, 100～200 L/min 程度）があるが、いずれも使用する水は純水であり、施工現場で調達するのは容易なことではなく、特に大量タイプは水の供給と同時に廃水処理にも多大な手間とコストが掛かる難点がある。また、それらの高压水発生装置や作業装置も極めて高価であり、ウォータージェット工法によるコンクリート構造物の補修コスト低減の妨げとなっている。

研磨材を水に混入してスラリーとし、それをポンプで直接加圧して噴射させると、比重の大きい研磨材が水と同程度の噴射速度を獲得することから比較的低压（30～60 MPa）でも大きな加工能力を持つアブレシブ噴流を形成することができる。

今回開発したラバーシリンダ式高压水発生装置は、この直接加圧式アブレシブジェット（サスペンションジェット）用として開発されたもので、この装置をコンクリートのはつりに応用すると、供給水は工業用水、河川水など幾分、濁化した水で十分であると同時に、簡便な設備での噴射廃水の循環による再利用が可能であるので給水量も少量で済み、ウォータージェットによるはつり工法の合理化とコスト縮減が期待できる（写真—1 参照）。



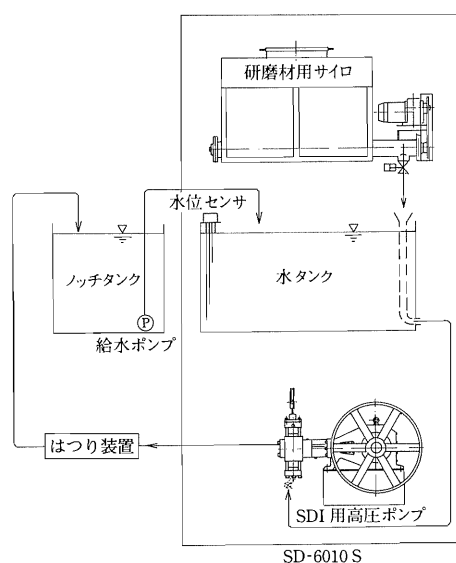
写真—1 高压水発生装置 SD-6010 S

また必要に応じて研磨材として微量の硅砂を混入することにより、コンクリートのはつりと同時に内部鉄筋の錆落しも容易にでき、マイクロクラックを発生させることなく粗骨材の表面に微小な凹凸を形成させ、新旧コンクリートの付着強度を増加させる効果も期待できる。

3. 装置概要

(1) システムフロー

直接加圧式アブレシブジェットシステムフローを図—1 に示す。



図—1 直接加圧式アブレシブジェットシステムフロー

プラントの水タンク内に研磨材を投入し、研磨材スラリーとなった水をラバーシリンダポンプで加圧する。サイロから供給される研磨材はロードセルによる投入量管理ができるため、安定したスラリー濃度での供給が可能である。

はつり装置で噴射されたはつり廃水は現場条件に合わせた回収設備により回収タンクに集められ、ある程度の砂粒分を沈殿させた後に再度プラント水タンクに供給される。

(2) ラバーシリンダ式高压ポンプ

ラバーシリンダ式高压ポンプとはプランジャの往復運動によりオイルを介したラバーシリンダを

拡張収縮させて吸入・吐出を行う方式のポンプである。

プランジャ及びプランジャパッキンは常にオイルで満たされており、スラリーはラバーシリンダで遮断されているため、摺動面に固形物の侵入がないので高圧スラリー用として有利である。

ラバーシリンダ式高圧ポンプの接液部の構造を図-2に示す。

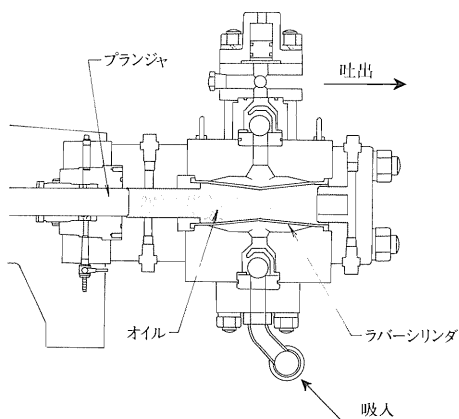


図-2 ラバーシリンダ式高圧ポンプ構造図

(3) はつり装置

ラバーシリンダ式高圧ポンプにより加圧された研磨材スラリーは、専用はつり装置より噴射される。

はつり装置は現場諸条件により様々な形状のものが求められるが、コンクリート構造物を対象と

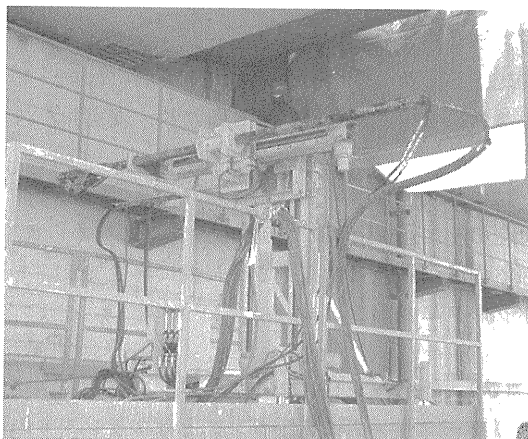


写真-2 はつり装置の例

したウォータージェット工法はつり装置に要求される基本性能を以下に示す。

- ① 劣化部と健全部が選択的にはつれる
- ② はつり面の平坦性
- ③ 鉄筋の裏側がはつり取れること

これらを満足するためには自動化（ロボット化）されたはつり装置であることが望ましいが、その装置を操作するオペレータにおいてもコンクリート構造物に対する知識と、はつり処理工における熟練を要する。

はつり装置の一例を写真-2に示す。

4. SDI 工法施工事例

SDI工法（Slurry Direct Injection 工法）とはラバーシリンダ式高圧水発生装置を使用したはつり工法のことを総称した呼名であり、このSDI工法による施工事例を以下に示す。

(1) 現場概要

当該施工現場は道路橋が橋台と接続する桁端部の床版裏側のはつり処理である。融雪剤等の影響により内部鉄筋の膨張を誘発し、コンクリートが激しく剥落しているような状況であり、早急な補修が必要であった（写真-3参照）。

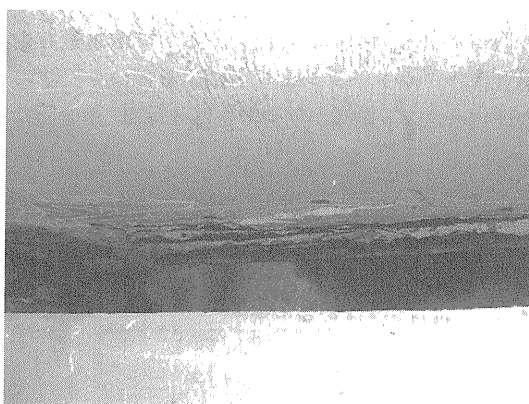


写真-3 コンクリート劣化状況

(2) 施工方法

桁と橋台との隙間は約250mmと非常に狭く、従来工法では打撃処理を含めて施工は不可能であった。

はつり装置は狭小部へもアプローチが容易に行

えるロッドタイプを採用し、設定した範囲を自動で深はつり処理することができる（写真—4 参照）。

高圧水発生装置は研磨材サイロより珪砂を 500 g/min で投入し、噴射圧力は 58.8 MPa とした（表—1 参照）。



写真—4 はつり装置 SDM-1012

表—1 高圧水発生装置 SD-6010 S の諸元

モデル		SD-6010 S	
全体	寸法 (L×W×H)	6,000 mm × 2,000 mm × 2,300 mm	
	質量	7,800 kg	
	寸法 (L×W×H)	3,000 mm × 2,000 mm × 2,000 mm	
	質量	4,800 kg	
ポンプユニット 高圧ポンプ	型式	12100-RC 50-B, 三連プランジャポンプ	
	ストローク	100 mm	
	プランジャ径	50 mm	
	最大吐出圧力	58.8 MPa	
	吐出量	(50)~100 L/min	
	モータ出力	110 kW-6 P (インバータ制御)	
研磨材供給ユニット	寸法 (L×W×H)	3,000 mm × 2,000 mm × 2,300 mm	
	質量	3,000 kg	
	研磨材サイロ	型式	横型サイロ
		容量	0.5 m ³
		スクリュウ能力	(1)~5 kg/min
		モータ出力	GM 1.5 kW-4 P (インバータ制御)
	水タンク容量	1.8 m ³	
	チャージポンプ	2.2 kW	
	コンプレッサ	1.5 kW	
	標準装備		
(1) 制御盤			
(2) リモコンボックス			

はつり処理後の廃水は、そのほとんどが橋台壁面を伝いながら流れ落ちるため、壁面に樋を設けてはつり廃水を回収し、そのままノッチタンクへ貯留しながら沈降剤などの薬剤を使用することなく砂粒分を沈殿、再度はつり水として利用した

(写真—5 参照)。



写真—5 はつり廃水の循環状況

(3) 施工管理

あらかじめ打音検査により劣化部を推定し、配筋筋裏側のコンクリートをはつり取り、主鉄筋が露出する深さ (80~100 mm) まで処理することを目標とした。処理面は健全部と劣化部が混在することから、試験施工データから得た最適なノズル移動回数を選択することにより、劣化部だけを選択的にはつり、健全部の過掘りを防いだ（写真—6 参照）。

はつり処理後は配筋筋及び主筋に防錆剤を塗布し、浮き錆の発生防止にも注力した。



写真—6 はつり処理出来形

5. 今後の課題

SDI 工法は市場ニーズにマッチしたコンセプト

トを兼備している。本報文では、SDI 工法に使用する機械装置や消耗部品の耐久性と施工能力について言及しなかったが、それらに対する今後の取組みについて以下のように考えている。

(1) 消耗部品

消耗部品は耐久性に対する価格、いわゆるコストバランスが大切である。SDI 工法機材で言えばノズル、高圧ホース、バルブ等が消耗部品と見なされ、それらのコストパフォーマンス向上を念頭に今後も開発を進めて行く所存である。

日本では輸入製品がほとんどと言う現状のウォータージェット工法装置の市場において、今回開発した「SDI ジェットシステム」はすべて純国産品であり、今後もこの方針を貫くことにより、コンクリート構造物の補修市場においてスピーディで安価な部品供給を目指したい。

(2) 施工能力

ウォータージェットによるはつり工法はその施工能力が鍵となるのは言うまでもなく、当工法も更

なる能力アップに向け日夜努力を続けている(写真-7 参照)。

そのひとつのテーマにあるのが圧力損失をどう克服するかである。ポンプで加圧された流体がノズルで噴射されるまでにはあらゆる摩擦を経由し、圧力低下を引き起こす。また、過度の摩擦は配管内で乱流を引き起こし、エネルギー効率が悪くなる。

配管抵抗の縮減が効率向上に最も大切なことであり、今後もこの命題に挑戦して行く所存である。

6. おわりに

ラバーシリンダ式高圧水発生方式を採用したSDI 工法は、はつり処理工以外にも様々な用途での活躍が期待されている。

現在、コンクリート削孔における高い適用性が認められているばかりでなく、地盤改良工法における障害物の削孔、そして特殊なポンプ構造だからこそ成し得るセメントミルクやモルタルの噴射等、可能性は広がりつつある。

J C M A



写真-7 はつり施工能力テスト状況

【筆者紹介】

山口 久幸 (やまぐち ひさゆき)
フローテクノ株式会社
技術部
課長



増田 晋 (ますだ すすむ)
株式会社トーマック
開発営業部
ME チーム

