

## M3 : maintenance/management/machinery

特集 道路における維持管理機械

# ウォータジェットによるコンクリート構造物の リニューアル

三 辺 征 夫 ・ 梅 義 和 ・ 碓 井 秀 三

近年、コンクリート構造物の補修・補強工事に高圧水を用いたウォータジェット工法が広く使用されるようになってきている。この工法は周辺に悪影響を与えず劣化したコンクリートのみを除去でき、かつ新旧コンクリートの一体化に適した補修断面が得られるため、効果的で品質の高いはつりや表面処理が可能である。また無振動で粉塵も発生しないため、作業環境にも配慮した工法として注目を浴びている。この特長を最大限に活かした各種ウォータジェット装置・機器は、補修・補強作業の自動化、効率化に大きく貢献している。

キーワード：高圧水、ウォータジェット、WJ、はつり、コンクリート

## 1. はじめに

高速道路、橋脚等のコンクリート構造物の老朽化に伴う補修補強工事において、

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

などを目的として既設コンクリートに各種処理が実施されるが、従来はこれらの処理を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行われてきていた。

しかしながら最近の研究の結果、これらの処理方法は処理深さが不足したり、打継ぎ面にマイクロクラックが発生し、付着力等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わかってきた。特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ことも報告されている。

さらに作業中発生する振動、騒音、粉塵のため、作業環境としては極めて劣悪な状態であり、この

点についても改善が望まれている。

これらの問題を解決するために、近年、ウォータジェット（以後、WJと略す）工法が注目されており、これからの効果的な補修・補強技術として広く使用されるようになってきている。

## 2. WJ工法とは

WJとは数MPaから400MPaまで加圧した水をノズルの小さな穴から高速噴射して得られる水噴流であり、この高速水噴流を対象物にぶつけ、その衝突エネルギーを利用して洗浄、剥離、はつり、掘削、切断等を行うのがWJ工法である。水圧、水量をコントロールすることにより幅広い用途に使用できるのが大きな特長で、各産業界に普及している。

特に本報文中で述べるコンクリート構造物の補修分野は、比較的新しい用途であるが、WJの持つメリットが最大限に発揮される用途であることから急速に浸透しつつある。

## 3. WJ工法のメリット

WJ工法には次のようなメリットがある。

## ① 無振動，低騒音である

WJは非接触工法のため振動がなく，低騒音な工法である。振動が無いので，躯体にクラックが発生することがない。

## ② 高品質なはつりが可能

高圧に加圧した水のみを噴射するため，鉄筋にダメージを与えることなくコンクリートの劣化した部分のみを除去することができる。また新旧コンクリートの一体化性状に適した処理面も得る事ができる。

## ③ 作業環境の改善可能

粉塵の発生が一切なく，養生作業が大幅に簡略化でき作業環境の改善が可能。

## ④ 自動化が容易

反力が小さく，非接触のため機械化や自動化が容易にできる。

## 4. 高圧水発生装置（ポンプ）

WJを得るための発生装置（ポンプ）には様々な方式があるが，コンクリート補修工事に用いられるポンプの種類としては直動プランジャ式と油圧ブースター式の2通りの方式が主流を占めている。それぞれについて簡単に説明する。

ポンプを用いての作業は屋外が中心となるため，エンジンで駆動するタイプのものが使用され，トラック等に搭載し現場へ持ちこむ。市街地でも使用できるよう防音架装が施され，目的に応じ数台を合流し大流量とすることが可能である。

## (1) 直動プランジャ式ポンプ

直動プランジャ式ポンプは往復動ポンプで，プランジャをクランクシャフトとコネクティングロッドの組合せにより回転運動から往復運動に変えて連続的に往復させ高い圧力を発生する。定吐出量型のポンプで，プランジャの径と往復ストローク長でその流量が決定されるため，吐出流量を調整する場合はエンジンの回転速度を変えて行う。圧力の脈動を少なくするため3～5連が多く用いられており，吐出圧力は5～250 MPa，吐出流量は10～1,000 L/min程度で，コンクリート補修工事のみならず各種産業界で幅広く利用されている方式のポンプである（図-1，写真-1参照）。

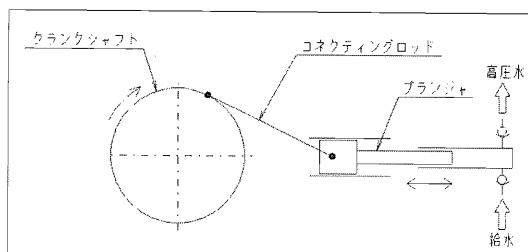


図-1 プランジャポンプの構造



写真-1 直動プランジャ式ポンプ外観

## (2) 油圧ブースター式ポンプ

このタイプのポンプは油圧によってピストンを往復運動させ，これに連結したプランジャで水を押し加圧する。パスカルの原理を応用したもので，ピストン（油圧）とプランジャ（水）の断面積の違いを利用している（図-2参照）。

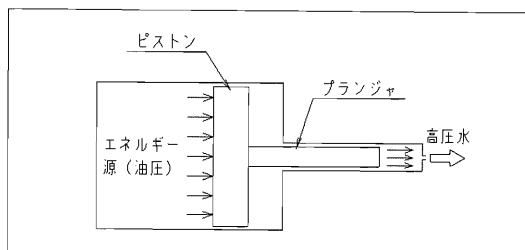


図-2 油圧ブースター式ポンプの構造

一次側の油圧回路を可変吐出とすることで高圧水の吐出流量も可変とすることができ，噴射オン・オフ等による吐出流量変化にフレキシブルに対応する。油圧発生ユニットが付属する分，プランジャ式ポンプと比較し高価で大型になるが，高圧発生部の構造はシンプルで，パッキン，バルブ等への負担が軽く，長時間の連続運転に適する。吐出圧

力は200～400 MPa、吐出流量は2～60 L/minで、超高压の用途で広く用いられている。

## 5. WJによる表面処理

### (1) 処理内容

WJにてコンクリート構造物表面の塗膜、レイトランス、ごみ等を除去する。

### (2) 使用機器

壁、槽等で一定エリアの作業においては、写真-2に示すようなハンドガンを用い人力で把持するのが一般的である。ハンドガンの先端にはノズルヘッドが取付けられており、そこから超高压水を回転噴射し広いパターンの処理を行う(図-3参照)。圧力は150～250 MPa、流量は6～10 L/min程度と少なく、通常はポンプ1台に2～4台を接続し同時施工を行う。作業の安全確保のため、超高压水コントロールバルブと組合せ、手元で超高压水の噴射-停止を行う。

一方、広い範囲を一度に処理する場合、作業効率を向上するため大口径のノズルヘッドを使用する。圧力は150～250 MPa、水量は20～60 L/min程度で、大きな噴射反力が発生し人力による把持が困難となるため台車形とし、手押しまたは牽引するのが一般的である。

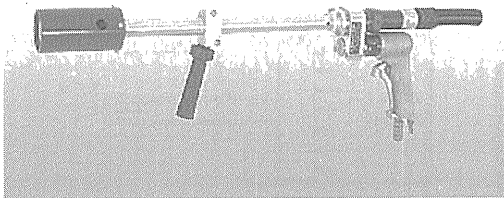


写真-2 ハンドガン外観

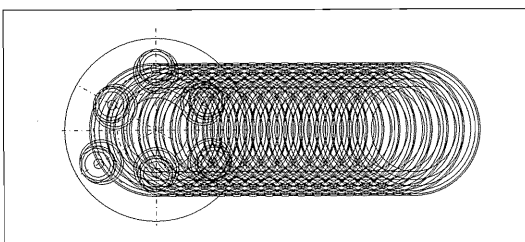


図-3 ノズルヘッドの軌跡(例)

表面処理の場合、ノズルヘッドのノズル配置は用途により異なるが、いずれの場合もオリフィス径が $\phi 0.1\sim 0.5$  mm程度の小口径のノズルを多数個取りつけるのが一般的である。

### (3) 作業事例

写真3～写真5にWJによる表面処理の作業事例を示す。

## 6. WJによるはつり

### (1) 処理内容

WJによりコンクリートを100～200 mm程度はつり。健全な部分や鉄筋を傷めず脆弱なコンクリートのみ除去でき、かつ鉄筋裏まで平坦にはつり取れることが大きな特長である。

### (2) 高圧水仕様と処理能力

コンクリートは100 MPa以下の圧力水でもはつることができるが、その場合、十分な処理スピードを持たせるためには、水量を増やし(100～200 L/min程度)高圧水全体のエネルギーを高める必要がある。

しかしながら現場においてこれだけ多くの水を確保するのは難しく、また多量に生じる排水を処理する手間を考えると、低圧(大流量)でのはつり工事は採算性の面で現実的ではない。実際の工事では、圧力は200～250 MPaと比較的高めにし、その分流量は30～60 L/min程度と少なめにしているのが一般的である。

高圧水のエネルギーは、圧力×流量で決まるが、水圧を上げると噴射水のエネルギー密度が高まり、処理効率を向上することができる。

### (3) はつり用ノズル

はつりに用いるノズルヘッドは、オリフィス径の大きなノズルを1～2個配置したものが用いられる。動作方式は基本的に回転式と揺動式(図-4参照)の2種類があり、WJの特長を生かすためノズル配置や角度等に工夫が加えられている。

スギノマシン社ではコンクリート供試体を用いた試験を行い、WJの特長を十分に発揮できる形状のノズルヘッドを開発した(写真-6参照)。



写真—3 浄化槽内のチッピング  
 使用水：250 MPa×6 L/min  
 使用機器：ハンドガン



写真—4 舗装表面洗出し施工  
 使用水：250 MPa×30 L/min  
 使用機器：台車式ノズルユニット



写真—5 外壁塗膜剥離  
 使用水：250 MPa×6 L/min  
 使用機器：ハンドガン

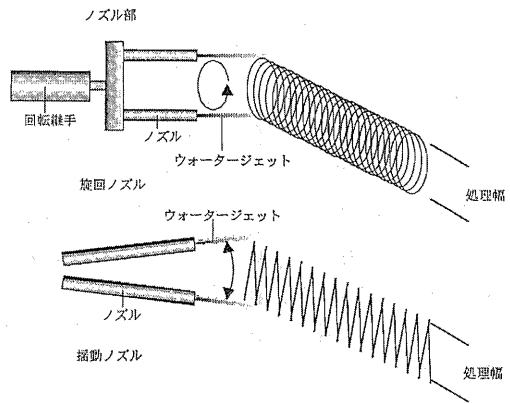
このノズルヘッドは、鉄筋裏を平坦にはつる能力が優れている。本ノズルヘッドを用いてはつりを行った供試体のサンプルを写真—7に、そのサンプルの断面形状を図—5に示す。鉄筋の影響を受けず約100 mmの深さまでほぼ平坦にはつりが

行われていることが観察される。

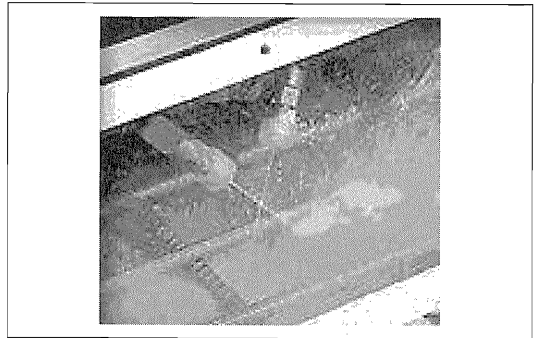
#### (4) はつり装置

はつり装置の代表的なものを写真—8、写真—9に示す。

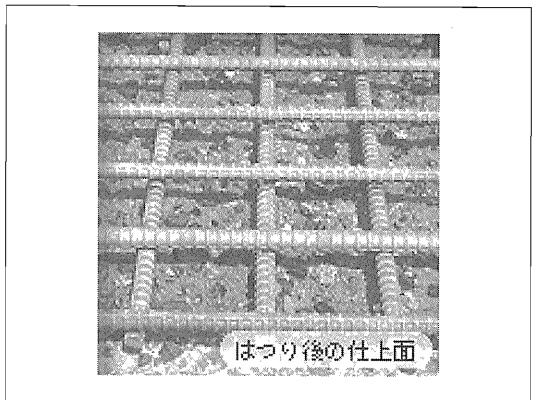
ノズルは回転または揺動しながらX-Y方向に動作し、一定面を処理する。それぞれの動作は個



図—4 ノズルの動作方式



写真—6 ノズルの外観



写真—7 はつり後の仕上げ面  
 (250 MPa×50 L/min)

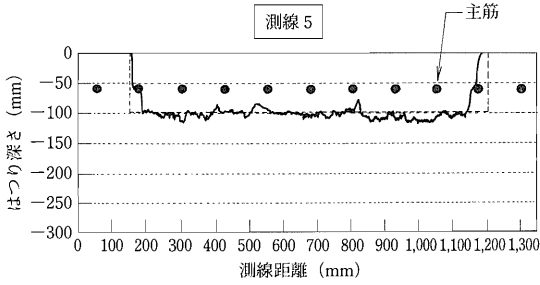


図-5 はつり後の断面

別に設定でき、目的に合ったはつり面が得られる。

自走式の場合は路肩部のはつり等長い距離を処理する場合に有利である。一方、フレーム式の場合は重機と組合せることにより、壁、天井等にも使用できる。さらに動作のプログラミング機能も持ち、ポンプと連動した自動運転も可能で、作業者のノウハウに依らず一定の処理面を得ることができる。

#### (5) はつり工事の事例

写真-10～写真-12に、はつり工事の事例を示す。

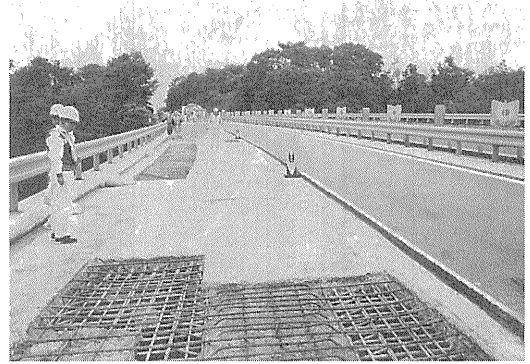


写真-10 床版劣化部はつり工事  
使用水：250 MPa×60 L/min  
使用装置：自走式はつり装置で施工

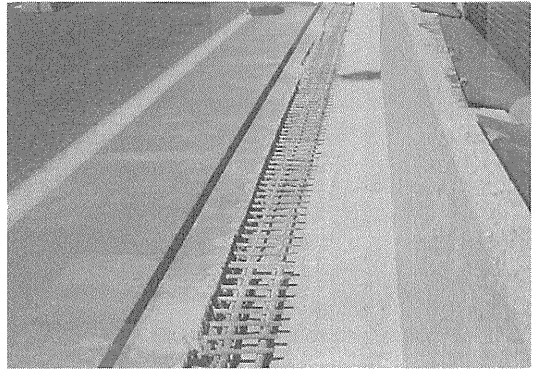


写真-11 路肩部分の鉄筋出し  
使用水：250 MPa×60 L/min  
使用装置：自走式はつり装置で施工

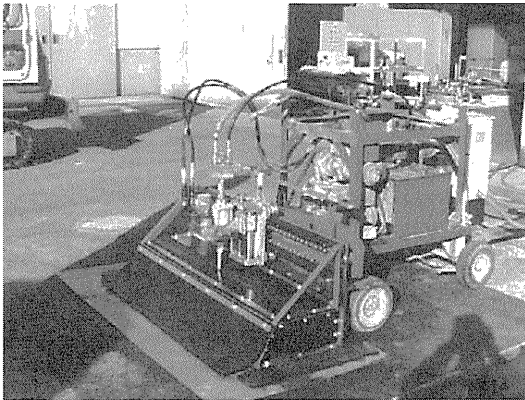


写真-8 自走式はつり装置

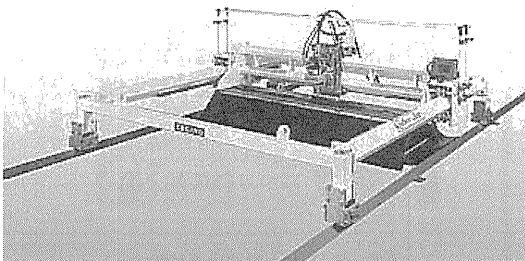


写真-9 フレーム式はつり装置

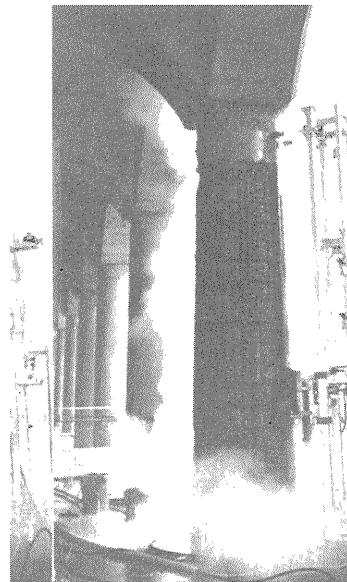


写真-12 防波堤支柱はつり施工  
使用水：250 MPa×60 L/min  
使用機器：壁面用はつり装置で施工

対象物の圧縮強度は 20~40 MPa, はつり深さは 100~150 mm 程度である。

## 7. おわりに

コンクリート構造物の劣化は、塩害をはじめとして多岐にわたっており、対象部位も RC 桁、PC 床版、橋脚など広範囲に及んでいる。WJ 工法は非常に優位な工法であり、今後ますます普及することが予測されるが、そのためには様々な現場に合わせた各種装置、アタッチメントを提供していくと同時に、これらの安全性を今まで以上に強化する必要があると考える。

J C M A

### 【筆者紹介】

三辺 征夫 (みなべ まさお)  
株式会社スギノマシン  
WJ 事業部  
応用開発課



梶 義和 (とが よしかず)  
株式会社スギノマシン  
WJ 事業部  
応用開発課  
チーフ



碓井 秀三 (うすい しゅうぞう)  
株式会社スギノマシン  
WJ 事業部  
応用開発課  
リーダー



// 新刊 //

現場技術者のための

## 建設機械整備用工具ハンドブック

- ・建設機械整備用工具約 180 点の用語解説と約 70 点の使い方を集録。
- ・建設機械の整備に携わる初心者から熟練者まで幅広い方々の参考書として好適。

■ A5判 約120頁

■ 定 価 : 会 員 1,050 円 (消費税込)、送料 420 円  
非会員 1,260 円 (消費税込)、送料 420 円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館)

TEL: 03(3433)1501 FAX: 03(3432)0289