

# リニューアル工事用小型ウォータージェットシステムの開発

土井 暁 井上文宏

## Development of a Small and Portable High-Pressure Water Jet Cutter System

Satoru Doi Fumihiko Inoue

### Abstract

Conventional power tools such as chipping and cutter machines generate very high noise levels and vibration during the renewal work of construction. We developed a small-size water jet system, whose overall size and the weight was minimized to reduce noise and vibrations. This system is easy to move at construction sites, because it is divided four units which can be carried into elevator. The water jet nozzle was covered with the drain collection cover to prevent from scattering water outside the immediate area. In order to realize a flexible nozzle setting, we developed the nozzle manipulation systems to facilitate its working in a narrow work space. We introduced the water jet system at construction sites to reduce the noise and vibrations produced without compromising on the high efficiency during renewal construction processes.

### 概要

従来、既設コンクリートの目粗しやはつり、切断作業には、油圧や空気圧を動力としたチップングやカッター等が使用されてきた。しかし、これらの作業では激しい騒音や振動、粉塵が発生するため、建築リニューアル工事に適用できる低騒音低振動工法の開発が求められている。そこで、本研究開発ではウォータージェットシステムの低振動切削性能に着目し、ウォータージェットシステムを基本設計から低騒音化で見直すことにより、噴射した水を回収できる小型で可搬性の高いリニューアル工事に最適なシステムを開発した。同時に、現場での施工品質の向上や作業者の安全性を確保するため、自動化したノズルの移動装置を開発・導入し、作業の合理化・迅速化についても検討した。また、開発した小型で可搬性の高いウォータージェットシステムを各種リニューアル工事に適用し、その有効性を確認した。

### 1. はじめに

建物の補修工事や耐震補強工事では、既存のコンクリートの目粗しやはつり、切断、穴あけなどの作業が発生する。従来、コンクリート部材の補修・解体作業では、油圧や空気圧を動力としたチップングマシンや回転歯のカッター等が使用されてきたが、激しい振動や騒音、粉塵が発生するため、作業自体の改善や周辺環境に対する十分な対策が求められていた。特に近年のリニューアル工事では、居住者が建物機能を使用している状態で施工するケースが多いため、工事中に発生する騒音と振動については建物使用者との間で事前に十分な打合せが必要となっている。

一方で、コンクリートの目粗しやはつり作業には、従来の施工方法に代り、高圧ウォータージェットを利用した工法が使用されつつある<sup>1)</sup>。しかし、建設分野で使用されてきたウォータージェットシステムは、比較的施工規模が大きい工事を対象としているため、その施工効率の高さが着目され、主に土木工事における道路や橋梁の補修工事で使用されている。この場合には、高圧力・大流量のウォータージェットが必要であり、必然的にシステム全体は大型化された仕様となる。またシステムの動力には高出力なエンジン駆動を採用するものが多く、ウ

ォータージェットを搭載した特殊車両として開発されるケースが多い。このため、システムの運用時にはエンジンの駆動騒音と噴射された水の風きり音などが混在しながら発生し、高騒音のイメージが定着している。また、大量の水を使用するため、水を嫌う建物内での利用は進まない状況にある。このような大型のシステムを使用する場合には、車両の停車スペースの確保や、水道水の確保、高圧ホースの取回しなど、作業領域以外に占有して養生が必要なスペースが多く必要となる。

このような背景に対し、本研究開発ではウォータージェットの長所である高い加工性や切削時の低振動性、またノズルの移動のみで作業できる高い操作性に着目し、建築リニューアル工事への適用可能性について検討した。機能を溝切り切削に限定することで小型化のみでなく、施工時の低騒音・低振動化、噴射した水の回収等を実現するため、システムの基本設計から見直しを行った。またノズルの移動操作は、従来作業者がノズルガンを手を持ち、直接施工するケースが一般的であったが、施工品質の向上や作業者の安全性を確保するため、自動化したノズル移動機構を導入し、作業を合理化・迅速化した。

本報では、小型化・可搬性および低騒音化を重視した設計方法を基に開発したシステムの概要と、その基本性能実験および現場適用実験の結果を報告する。

## 2. 小型・可搬型ウォータージェットシステム

### 2.1 設計仕様

従来のウォータージェットシステムの問題点を解消するため、システムの基本設計から目標性能を設定した。開発する機器はコンクリート部材の溝切り切削に限定したカッターとし、その目標性能を以下の様に決定した。

- システム全体を作業領域近傍へ搬入可とするための小型、軽量化
- システム本体および作業の低騒音・低振動化
- 噴射水の飛散防止と切削ガラ回収の機械化
- 切削深さを制御できるノズル移動の自動化

本システムの開発では、これらが実現可能な構成と要素技術とを検討して最終的な設計仕様を決定した。

Fig. 1に設計するウォータージェットシステムの構成要素を示す。従来のウォータージェットシステムは、高圧水を発生するシステム本体部とジェットを噴射するノズル部とから構成され、その間は高圧ホースを介して結合されている。なお、部材を切断するためには、高圧水にホッパーから研磨材を混合させることで切削力を高める必要がある。

**2.1.1 小型、軽量化** 養生範囲を減少させるには、作業箇所とシステムの設置位置が近く、作業箇所の移動とともにシステム自体も移動できることが望ましい。そこで、建物内にシステムを設置することを前提とした小型・軽量化の手段を検討した。その結果、一般乗用エレベータで搬送可能な小型・軽量化条件を、システムの形状と重量の設定に付加した。その開口部と昇降籠の大きさ<sup>2)</sup>から、システムの最大寸法を、最大定員6人のエレベータの場合に搬送可能な幅800mm、奥行き1,400mm、高さ2,100mmとした。このとき、最大積載荷重は450kgであるため、エレベータに搭載できる装置1台の荷重は350kg以下(人1人と装置1台の重さの合計が450kg未満)となる。

**2.1.2 低騒音・低振動化** ウォータージェットによる切削騒音は在来工法に比べて極端に小さい特徴を持つ。しかしシステムを建物内で使用するためには本体自体の低騒音・低振動化も重要となる。そこで動力源には、エンジンに比べて同じ出力でも発生騒音や振動が小さい電動モータを採用する。

**2.1.3 噴射水の飛散防止や切削ガラ回収** 作業領域では水の使用による建物の汚れやコンクリート内部への浸透・漏洩などが懸念されるため、噴射した水の回収が必要とされる。本システムでは噴射ノズルを含む切削部周辺を密閉カバーで蓋い、極力切削水の漏れが生じない真空吸引条件を設定した。この場合、ノズル周りが完全に覆われるため、噴射された水のジェット音も大幅に低減できる。また、カバーの回収孔は比較的大きく設置し、ジェットによって切削された切削ガラも吸引する。

**2.1.4 切削深さ制御** 切削深さはコンクリート強度に対してノズル移動速度、噴射圧力、および流量の各パ

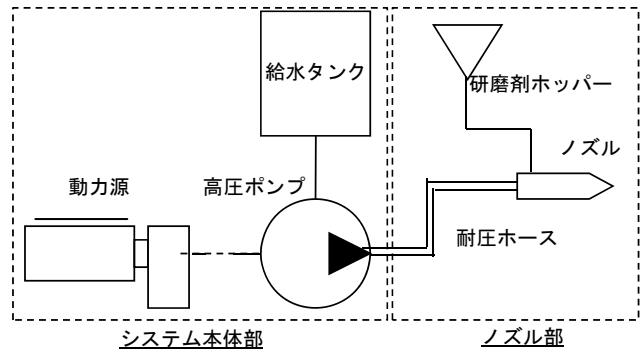


Fig. 1 汎用超高压ウォータージェットシステムの構成  
Constitution of General Water Jet System

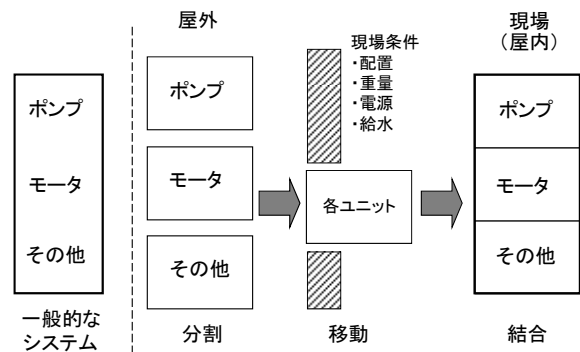


Fig. 2 小型ウォータージェットシステムの設計思想  
Design Concept of a Small and Potable Water Jet System

ラメータを用いて決定できる。ノズルの移動には専用の自動移動装置を作成し、切削精度の向上や作業性の向上、安全性を確保する。

### 2.2 システムの構成

Fig. 2に設計コンセプトの概要を示す。従来のシステム本体部の概念では、設計仕様の小型・軽量化条件を満足できない。そこで、開発したウォータージェットシステムは、構成機器をユニット化し、各ユニットを作業領域に搬送し、現場でこれらを接続することで全体システムを構成する仕様とした。

全体システムは超高压水を発生するポンプユニット、ポンプを駆動するモータユニット、研磨材供給装置と真空吸引装置を備えるバキュームユニット、および高圧水を噴射するノズルと噴射水を回収するノズル移動ユニットから構成される。Photo 1にシステム全体の外観を、Table 1にその仕様を示す。以下にシステムを構成する各機器とその概要を示す。

**2.2.1 ポンプ・モータユニット** ポンプとモータの組合せ、および仕様の寸法・重量とを勘案して、ポンプとモータを分離結合できる各ユニットを開発した。ポンプユニットには3連プランジャー式を採用し、モータ軸部でモータユニットと分離する方式とした。回転振れの危険性を回避するために必要な回転数を極力低く設定した。この場合、吐出流量も低下するため各プランジャーの断

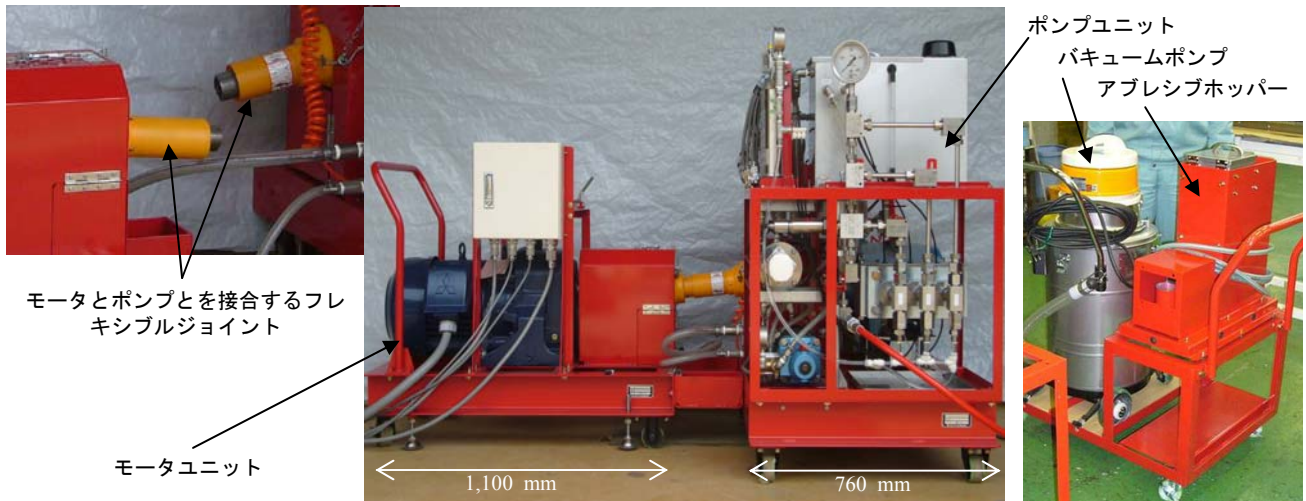


Photo 1 開発した小型ウォータージェットシステム  
View of Small Size and Potable High Pressure Water Jet System

面を広げる最適設計を試みた。

モータユニットは高トルクモータおよび減速ギアで構成され、低回転数でも安定した出力が得られる調整を行った。モータとポンプユニットはPhoto 1に示すようなフレキシブルジョイントで接合し、運搬時には各軸が各々のユニットに収納できる機構とした。フレキシブルジョイントは結合・分離が容易であり、仕様の回転数では十分に安定した性能を得ることができる。

**2.2.2 ホッパーとバキュームユニット** 鉄筋コンクリート部材を切断するためには、水のみでのジェットでは不可能であり、研磨剤を混入する必要がある。ここでは研磨材であるガーネットを入れるホッパーと共振振動を利用した研磨剤の定流量供給装置を開発し、安定な研磨剤の供給を可能とした。また研磨剤の供給はノズルからの自然吸引を利用した。

バキュームユニットはノズルから噴射された排水と切削ガラを同時に吸引できる能力を有しており、バキュームタンク内では水とガラを分離できる。

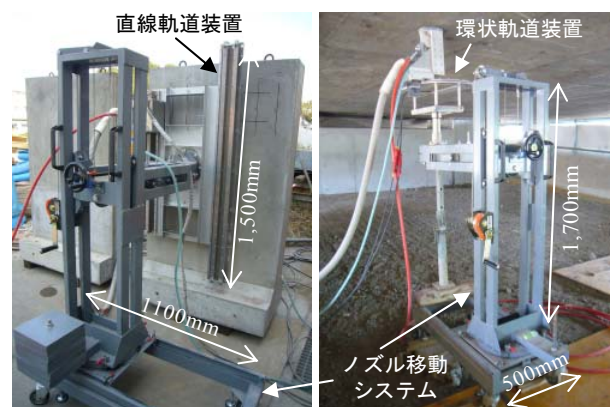
**2.2.3 ノズルユニット** ノズル移動ユニットはコンクリートの施工作业に応じて、個別に開発・導入した。ノズル周囲はジェットの排水やガラの飛散を抑制するため防護カバーで密閉し、外部から真空吸引することで、排水とガラを吸い出し可能とした。これにより作業領域の漏水を防ぐことが可能となる。

コンクリート面の切断および溝切り用として、直線および環状軌道に沿って移動するノズル移動機構を開発した(Photo 2-(a), (b))。直線軌道は端部を固定することで、任意の角度の切削が可能であり、また環状軌道では曲率を変化させることで、任意の環状軌道に対応できる。ノズルを保持する治具は鉛直面、天井面、床面での作業に対応し、水平移動と垂直移動および回転軸を利用して容易にノズル位置を移動できる。このため、作業位置の盛換え時間の短縮が可能となる。

**2.2.4 制御盤** システムの管理・操作を行なう制御盤も同様に小型・軽量化し、現場まで搬送可能とした。吐

Table 1 小型ウォータージェットシステムの主要緒元  
Specification of the Small Water Jet System

上流圧力	200MPa (最大)
流量	2.5l/min (最大)
電源, 出力	200V, 15kW
ノズル	ノズル: $\phi 1.0\text{mm}$ , オリフィス: $\phi 0.3\text{mm}$
大きさ	ポンプ: 760W×1100L×1300H mm
	モータ: 610W×1100L×900H mm
重量	ポンプ: 300kg
	モータ: 250kg



(a) 直線軌道 Linear Cutting (b) 環状軌道 Circle Cutting

Photo 2 ノズル移動ユニット  
Nozzle Moving Units for Contents

出圧力と流量、ノズルの移動速度を一括設定することで、部材の切削を管理する。またポンプの始動・終動は遠隔操作器を用いて、ノズル近傍で操作できる。

システム安全機構として、吐出圧力と流量およびモータ出力の異常を感知し、即座に停止できるほか、各ユニット毎に非常停止装置を設置して、緊急停止できる体制を構築した。

**2.2.5 高圧ホースと電源盤** 高圧ホースは許容耐圧を十分越える部材を使用し、最大30mまで伸ばすことが

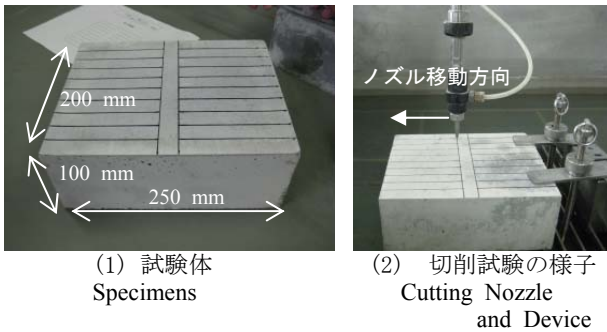


Photo 3 切削深さパラメータの取得試験  
Decision of the Cutting Nozzle Manipulation Method

できる。研磨剤ホッパーは湿気を嫌うため、通常はポンプユニット近傍に設置する。各種電源コードは系統別にまとめ、誤接続を回避するため、すべて異なるコネクタを採用した。

### 3. 基本性能の取得実験

#### 3.1 切削深さ制御パラメータの取得

開発したウォータージェットシステムによりコンクリートを要求する深さで切削するためには、制御に必要なデータを取得する必要がある。そこで、ウォータージェットシステム出力に対するコンクリートへの切断能力を定量的に把握するため、ノズルの移動速度を変化させ、圧縮強度50N/mm<sup>2</sup>のコンクリートおよび45N/mm<sup>2</sup>のモルタルを対象にウォータージェットによる切断能力を実験的に計測した<sup>3)</sup>。

Photo 3に示す大きさのコンクリートおよびモルタルを試験体とし、本システムを用いて3段階の噴射水圧力を設定した。各々の噴射水圧力に対する各試験体の切削深さを、ノズル送り速度や繰り返し回数によって整理した。モルタル試験体における測定結果として、設定噴射水圧力に対する切削深さとノズル移動速度の関係をFig. 3に、切削後の切削面の状態をPhoto 4に示す。

得られた関係から、システムの基本定格出力を200MPa、2.5 L/minと設定し、ノズル移動装置の速度可変最小範囲を0.5mm/sec~50mm/secと設定することで、必要な切削深さを制御することとした。

なお、コンクリートを含む各種部材の切削深さの関係は関係論文<sup>4, 5)</sup>を参照されたい。

#### 3.2 可搬性能の確認

システムの可搬性を検証するために、小型乗用エレベータによる移動方法について検証した。その結果、Photo 5に示すように各ユニットは最大定員6名の小型エレベータに十分に収納することができ、容易に作業領域近傍へ搬入できた。これにより、従来のように道路の占有許可の必要が無くなり、また、養生する範囲を大幅に削減できることが確認できた。

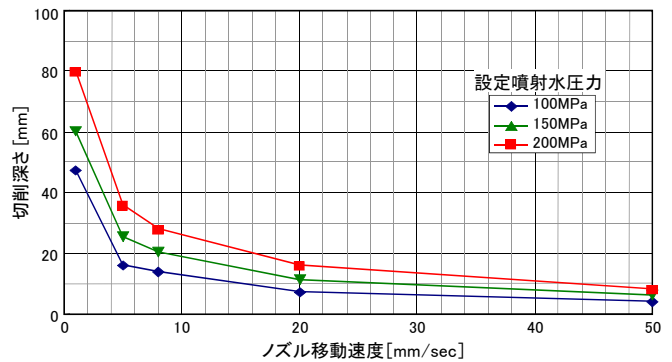
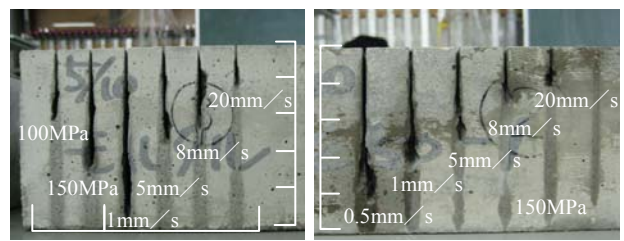


Fig. 3 各設定圧におけるノズル移動速度と切削深さの関係  
Relation of the Cutting Depth and Nozzle Speed



(1) モルタル(45N/mm<sup>2</sup>) (2) コンクリート(50N/mm<sup>2</sup>)  
Mortar Concrete

Photo 4 切削試験結果の一例  
Result of Cutting Examination (Cutting Surface)



モーターユニットの搬入 ポンプユニット  
Motor unit Pump unit  
Photo 5 小型エレベータにおける可搬性試験  
Performance of Portability (Carrying into Elevator)

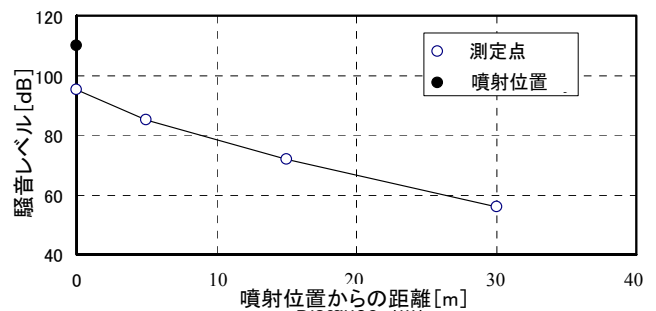


Fig. 4 システム稼働時の騒音レベル分布  
Distribution of Sound Pressure Level

### 3.3 騒音レベルの測定

本システム稼働時の騒音レベルを、騒音計を用いて実測した。施工箇所からの距離に対する測定結果をFig. 4に示す。施工箇所直近では、部材切断に伴うウォータージェットの衝撃音が非常に激しく100 dBを越える場合もあったが、最大値騒音は95dB程度であり、距離が遠ざかる程騒音レベルは急激に低下して30m付近では約55dB程度となり、ほぼ暗騒音レベルに達している。片倉ら<sup>6)</sup>によれば、ウォータージェット騒音の高周波数成分は距離減衰が非常に大きく、その影響範囲は非常に狭いことが報告されており、今回の実験を通して、ウォータージェットカッターは、周辺環境に配慮した切削方法であることを再確認した。特に屋内作業の場合には、隣室での作業音は特別な養生なしで暗騒音まで低減されることが確認できた。

## 4. リニューアル工事への適用

開発したウォータージェットシステムを建築および土木のリニューアル工事に適用し、その稼働状況と作業性を確認した。

### 4.1 建築リニューアル工事への適用

対象とした工事は百貨店の全面リニューアル工事のうち、ビル1階外壁の御影石の除去作業に本システムを採用した。対象建物の立地は駅前ロータリーに面し、繁華街に近いために日中・夜間を問わずに人通りが多い。特に1階外壁の除去作業は歩道の一部を利用する必要があり、歩行スペース確保のために可能な限り占有領域を小さくすることが望まれた。Table 2に対象物件概要を示す。

在来工法ではハンマーを使用して石板を叩き割り、砕いた破片を回収するが、建物内外への打撃音と建物内への振動の伝播、および破片の仮囲い外への飛散に留意する必要がある。このため、営業時間中の作業は許可が得られず、夜間1時～6時までに限定されていた。また、作業箇所近傍の歩道は歩行規制する必要があり、音と粉塵に対する十分な養生も必要であった。

**4.1.1 施工方法** 施工にあたり、本システムはPhoto 6-(a)に示すように仮囲い内部に搬入し配置する。ノズル移動ユニットはPhoto 6-(b)に示す直線軌道ノズル移動装置に搭載し、作業領域全体を800mm×600mmの格子形状に切削する。このとき、石板の目地裏は躯体と接着されているため、切断格子の角部が目地近傍に来ない様に切断格子の位置を設定する。次に静音コアドリルにより格子の角部1箇所を削孔する。削孔位置からバールを挿入し、切削した格子状の石板を1枚ずつ引きはがす。1枚除去後はコアドリルやバールを使用せずに手作業にて周囲の石板を引きはがしていくことができる。

本システムの出力設定とノズル設定をTable 3に示す。出力およびノズル移動速度は、事前に石板をコアドリルで削孔して石板厚さを測定し、ウォータージェットによ

Table 2 対象物件概要  
Outline of Targeted Building

用途・規模	商業施設 延床面積50,259㎡
構造	地下2階 地上7階建て SRC造 高さ31m
外壁仕上げ	テラコッタ (2階以上), 御影石 (1階)



(a) システムの設置状況  
Setting the System in the Facility  
(b) 直線軌道のノズル移動  
Setting the Nozzle Unit

Photo 6 現場での設置状況  
Setting the Water Jet System at Work Site

Table 3 御影石切断時のシステム設定値  
System Setting of Cutting Granite Tile

ポンプ	設定圧力	150MPa
	流量	1.5l/min
ノズル	噴射角度	90°
	スタンドオフ距離	2mm
	移動速度	10mm/sec

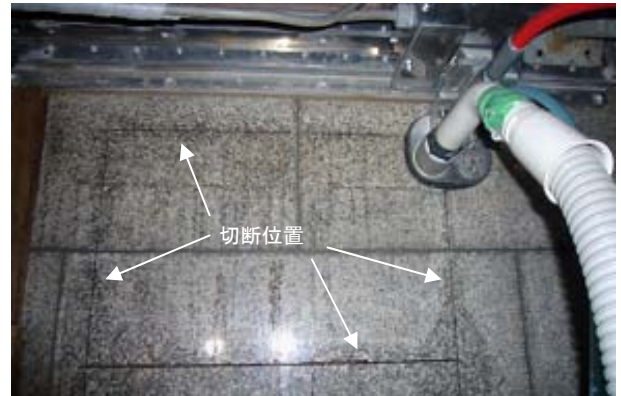


Photo 7 小型ウォータージェットシステムによる切削状況  
Cutting Granite Tile by the Water Jet System

Table 4 在来工法との1日の施工効率の比較  
Comparison of Constructed Areas for a Day

工法	作業可能時間	施工面積
在来工法	5h	15m <sup>2</sup>
開発工法	10h	48m <sup>2</sup>

り石板を貫通しない設定を安全側から調査した。まず施工効率の確保からノズルの送り速度を10mm/secに固定し、噴射圧力を100MPaから徐々に大きくした。その結果、1回のノズル送りで石板を貫通しない限界の噴射圧力は150MPaであった。(Photo 7)

**4.1.2 施工結果** 本システムを適用した結果、各性能

において以下の様な有効性が確認できた。

a) **可搬性の向上と小型・軽量化** 従来システムを利用するためには、作業時間中にシステムを搭載したトラックを道路に駐車する必要がある。しかし、本システムは仮囲い内部に設置できるため、車道、歩道を占有する領域が不要であった。システムの運搬時には、歩道に横付けしたトラックのクレーンにより歩道へ直接荷降ろしし、作業員2名による手押しにより仮囲い内に搬入した。道路および歩道を占有した時間は15分未満だった。

b) **低騒音・低振動化** 作業音はモータおよびポンプの動作音とバキューム装置の音が歩道部に置かれたユニットから発生するが、周辺の交通騒音により無視できる程度であった。なお、建物内には音、振動とも全く伝播しなかった。

c) **噴射水の飛散防止** 在来工法で発生するような粉塵や破砕片の危険性がないために歩行規制する必要がなくなった。また、噴射に使用した排水はすべて回収し、作業場所への影響を排除した。

d) **ノズル移動の自動化** 破砕ガラがほぼ均一の形状となるため、作業後の清掃作業の短縮を可能とした。

e) **他の効果** 在来工法では作業時間が夜間5時間に限られていたが、本システムを採用した低騒音低振動工法では営業時間中の作業許可が得られ、短工期化に一部貢献できた。1日間の作業効率を在来工法と比較した結果をTable 4に示す。本工法では約300m<sup>2</sup>の石板を7日間で除去できた。

#### 4.2 土木リノベーション工事への適用

本システムを土木リノベーション工事へ適用した。対象とした工事では、既存道路の一部を利用して新たな道路を建設する。既存高速道路と国道とを接続する某ジャンクションを建設するにあたり、両者を繋ぐ連結路は既存の出入路の間を割込む位置に計画された。そのため、本工事でジャンクションへ改築する際には供用中のランプを撤去・再構築を行い、連結路を新設する必要がある。基本方針として既設構造物を積極的に流用することから、建設・解体工事だけでなく修復工事も盛り込まれ、その方法は個々の既設構造物の健全度と構造照査により計画された。本システムの適用箇所は修復工事に属し、既存道路の床版下部に露出する塩害により腐食した鉄筋敷設用スペーサの除去作業である。Photo 8に露出した腐食スペーサの状況とその配置状況を示す。施工箇所は住宅街に近く、チッパーによる斫り取りには音・振動および粉塵の対策が必要である。また床版下部は音を反響させるだけでなく作業空間が狭いため、大型の汎用ウォータージェットによる斫り取りも難しい。

4.2.1 **施工方法** スペーサは3本の鋼棒を4本の傘型鋼で接続された三角柱形状であり、上部の鋼棒が鉄筋を支えている(Fig. 5)。スペーサを効率よく切除するために、ノズルを施工面に対して斜め45度に保持し、露出部の周囲を1周させることにより切除する。本工事では盛替



Photo 8 腐食スペーサの埋設状況  
Arrangement of Corroding Spacer

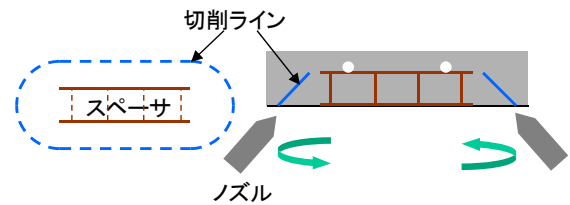


Fig. 5 スペーサ除去のためのノズル移動方法  
Method of Cutting Nozzle Moving

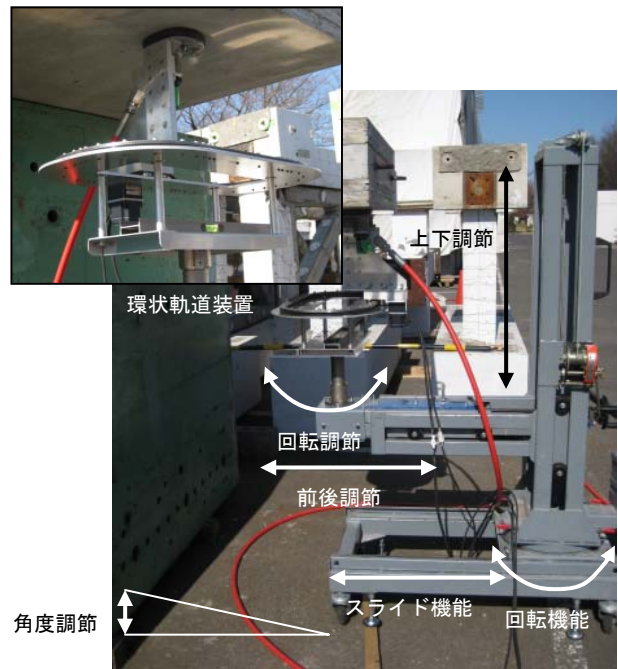


Photo 9 開発した環状軌道ノズル移動装置  
Nozzle Moving System

Table 5 スペーサ除去のためのシステム設定値  
System-setting of Cutting around Corroding Spacer

ポンプ	設定圧力	200MPa
	流量	2.5l/min
ノズル	噴射角度	45°
	スタンドオフ距離	2mm
	移動速度	0.5mm/sec



(a) 切除したスペーサの形状 (b) 切除後の床版面  
Removed Spacer After Removal of Spacer



Photo 10 本システムによる切除状況  
Cutting Corroding Spacer by Water Jet System

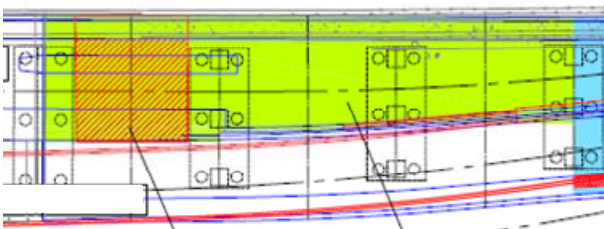


Fig. 6 施工範囲 約700m<sup>2</sup>(黄緑色 15m×45m)  
Applied Area of Development System

え等の作業効率を向上させるため、開発した環状軌道ノズル移動装置(Photo 9)にノズルを装備した。

スペーサ上部の鋼棒は鉄筋に接しているため、切削深さは完全に切除しない動作条件を事前の実験により設定した(Table 5)。噴射出力は最高出力の200MPaと設定し、ノズルがスペーサの周囲を1周のみで切除できる移動速度を調査して0.5mm/secに決定した。

施工フローは、まずノズル治具をセッティングし、その後本システムを稼働させて切削(Photo 10)し、最後にバールにより剥がし落とす方法とした。

**4.2.2 施工結果** Fig. 6に施工範囲を、Photo 11に施工後の床版下部の状態を示す。システム本体が小型なため作業空間に搬入でき、ノズルユニットの盛換えを遮ることがない。ノズル移動装置はシステム本体を設置した橋脚間で自由に移動し、除去作業が可能であった。また、粉塵や音に対する特別な養生も必要がないことを確認できた。以下に在来工法と比較した結果を示す。

**a) 施工効率** 切除対象のスペーサ数が112箇所に対し、実質作業時間は47時間であり、1時間あたりの施工個数は約2.4ヶ所であった。同時に実施したエアカッターによる溝切り後エアチッパーを用いてはつり落とす工法では1時間あたり3箇所と本システムの工法より早い、常



Photo 11 システムの配置と切除後の床版  
Result of Removal of Exposed Corroding Spacer



(a) 回転カッターでの切削状況 (b) チッパーでのはつり状況  
Cutting by Air Cutter Chipping by Air Chipper

Photo 12 在来工法による施工試験  
Conventional Method of Removal Spacer

Table 6 周辺の音圧レベル測定結果  
Distributions of Sound Pressure Level

測定箇所	本システム	在来工法
①作業橋脚間中央	約80dB	約100dB
②橋脚の反対側	約70dB	約90dB
③カルバート外側	約60dB	約80dB

に上向きのため連続作業が難しい。このため、実質の施工効率にはほとんど差がない。

**b) 作業環境** 回転カッターおよびチッパーでの作業時の状況をPhoto 12に示す。特に回転カッターでの作業時には集塵ファンを稼働しているにもかかわらず、大量の粉塵が作業空間全域に広がる様子が観察できた。このため外部への拡散防止養生が必要となるが、本システムによる工法では、切削時にも粉塵は皆無である。チッパーによる作業時には比較的大きなはつり屑が落下し、上向きでの作業となるため十分注意が必要であった。また、回転カッターでの上向き作業の場合には顔の横でカッター刃が回転しているが、刃が滑る場合があるため注意が必要とのことであり、自動運転できる本システムの作業安全性の高さも確認できた。

**c) 騒音測定** チッパーによるはつり作業時と本シ

システムによる作業時の音圧レベル測定結果をTable 6に示す。作業エリア、橋脚裏、カルバート外ともに本システムでの作業時はおよそ20dB低減でき、その低騒音性能を証明できた。

## 5. おわりに

ウォータージェットシステムの大型化による高騒音・振動の発生、水漏れ等を克服するため、システムの基本設計から見直しを行ない、作業領域近傍までシステム本体を搬入できる小型・可搬型ウォータージェットシステムを開発し、実現場での稼働状況および作業性を検証した。

その結果、以下の知見を得た。

- 1) ユニット化された分離結合式のシステムを開発することで、エレベータでの揚重と狭隘な現場空間への搬送が可能となり、占有領域と養生範囲を大幅に低減可能とした。これによりウォータージェットシステムの適用範囲を小規模な作業にまで拡大できた。
- 2) 本システムは低騒音、低振動で作業可能であり、噴射した水を回収できることから、屋内リニューアル工事への適用を可能とした他、時間帯によらない作業が可能となった。
- 3) 開発したシステムを実施工に適用した結果、機器性能(可搬性、切削性、排水回収、他)は良好であり、在来工法との比較においても施工効率、作業性、低騒音低振動性能で十分な優位性を示すことができた。今後はこのシステムを様々な現場作業に適用すること

で更なる改善・改良を行ない、建設機械としての有効性を検証して行く予定である。

## 参考文献

- 1) 井上文宏, 登坂知平, 小沢郁夫, 友石研二, “コンクリート橋梁補修工事におけるウォータージェットはつり工法の適用”, 日本ウォータージェット学会論文集Vol.13, No.2, pp.28-35, (1996).
- 2) 堀, 林, エレベータ・エスカレータ計画, 技術書院, pp.168, (1994).
- 3) F. Inoue, Y. omote, “A Practical Development of Water Jet Craft for Construction Wall Sculpture” Proceedings of International Symposium on New Applications of Water Jet Technology, pp.355 -362, (1999).
- 4) Fumihiko Inoue and Hiroshi Katakura et al, “Development of High-speed Cutting System that Could Be Used under Atmosphere where Combustible Vapor Exists”, Proceedings of 9th Pacific Rim International Conference on Water Jetting Technology, Koriyama, Japan, pp.265-271, (2009).
- 5) 土井 暁, 井上文宏, 片倉 寛, 一柳 健, “消防用ウォータージェット・カッター・システムの性能評価”, 日本ウォータージェット学会論文集, Vol.25, No.1, pp.28-35, (2008).
- 6) 片倉寛, 宮本博文, ウォータージェット関連騒音の安全性評価, 気中水噴流およびその周辺から放射される騒音, 噴流工学, 15巻, 1号, pp.31(1998).