

# 報告 都市高速道路におけるコンクリート床版劣化部への WJ はつり工法の適用について

水谷 明嗣\*1・中山 裕昭\*2・森 清\*3

**要旨：**コンクリート床版劣化部のはつり工法にはブレーカーによる処理が一般的であり、マイクロクラックの発生や鉄筋とコンクリートとの付着切れによる、断面補修部の再劣化が問題視されていた。これらの問題に対し、WJ はつり工法が有効であることが明らかとなっているが、都市高速道路への WJ はつり工法の適用については、はつり深さの精度、使用水の処理、施工音等、適用には多くの課題があった。本稿では、これらの課題に対応することを目的として開発した施工機械の概要、名古屋高速道路で実施した試験施工結果について報告する。

**キーワード：**コンクリート床版修繕、マイクロクラック、都市高速、WJ はつり、移動式オートチップパー

## 1. はじめに

名古屋高速道路は、平成 25 年 11 月末に現計画延長である 81.2km が全線開通した。伊勢湾岸自動車道、名古屋第二環状自動車道、名神高速道路等と一体となって名古屋都市圏における高速道路ネットワークを形成し、その中心に位置する都市高速道路であり、名古屋都市圏の発展を今後とも支える重要な幹線道路である。図-1 に道路網図を示す。

昭和 54 年の高速 3 号大高線の第一期供用以来、約 40 年が経過し構造物の高齢化が進展している。構造物の損傷については、定期的な点検を踏まえ、平成 27 年度から 15 年間の計画で大規模修繕工事を計画的に実施することで、将来にわたって安全、安心、快適に利用できる高速道路を目指して維持管理を行っている。

維持管理を行う中で課題の一つである舗装上面に多発するポットホールについては、建設当時のコンクリート床版施工に起因する損傷、最近まで床版防水が施工されていなかったことや、冬季に散布する凍結防止剤による影響により、床版上面かぶりコンクリートの浮きなどが多数生じており、コンクリートの変状が想定よりも進んでいることが一因である。

コンクリート床版上面の補修は、毎年一部区間を通行止めして行うリフレッシュ工事に合わせて、限られた時間で舗装を剥がした後、劣化部の除去をブレーカー等による手はつりで施工している。写真-1 に施行状況を示す。この工法では写真-2 のように床版の上層鉄筋の下面まで十分にはつり出すことができず、補修モルタルやコンクリートと鉄筋との一体化ができないことや、ブレーカーの振動によるマイクロクラックの発生が、断面修復境界面の脆弱層の生成や新たな損傷を誘発し、補修後



図-1 名古屋高速道路網図



写真-1 従前（ブレーカーによる）の施工状況

\*1 名古屋高速道路公社 技術管理室主任専門員 (正会員)

\*2 名古屋高速道路公社 整備部工事課課長

\*3 株式会社サーフェステクノロジー 技術部長



写真-2 従前（ブレーカーによる）はつり面

も繰り返し劣化することが大きな課題となっていた。  
 コンクリート劣化部のはつり処理としては各種工法が提案されているが、既設コンクリートに損傷を与えず新旧コンクリートの一体化が得られる工法としてウォータージェット（以下、WJ）工法が推奨されている。  
 しかし、WJ工法の都市部での適用は、はつり深さの精度、使用水の処理、施工音等、多くの課題があった。  
 本稿では、これらの課題に対応することを目的に開発したWJはつり装置の概要、実際に行った試験施工結果について報告する。

## 2. 都市部におけるWJ工法適用の課題

名古屋高速道路においてWJ工法を適用するに際し、施工の品質確保に加え、以下に示す課題を解決する必要があった。

- (1)都市高速の立地上、床版コンクリート劣化部のはつり作業は一般街路上空での施工となるため、はつり作業による床版の抜け落ちや削孔水の噴出など生じないように、はつり深さの精度を十分に確保できること。
- (2)床版補修作業は通常車線規制内で実施することが想定されるため、はつり殻の飛散や使用水の流出などによる通行車両への障害が生じないような施工が可能であること。
- (3)車線規制内での作業を想定した場合、交通影響を最小化するため夜間施工が条件となる。そのため、はつり作業に伴う騒音を可能な限り低減する必要があること。

## 3. 開発したWJはつり装置の概要

開発した装置は、水の力でコンクリートを粉砕し、粉砕したコンクリートを使用水と同時に回収する機構を備えている。このため、装置外への使用水の流出を可能な限り抑え、供用中の車線規制においてもコンクリート除去を安全且つ高精度に行うことが期待できるものである。  
 また、車線規制作業内で連続する小規模の損傷を効率的に作業できるように自走式、飛び石防止、防音化などの改良も実施している。



写真-3 装置全体写真（正面）

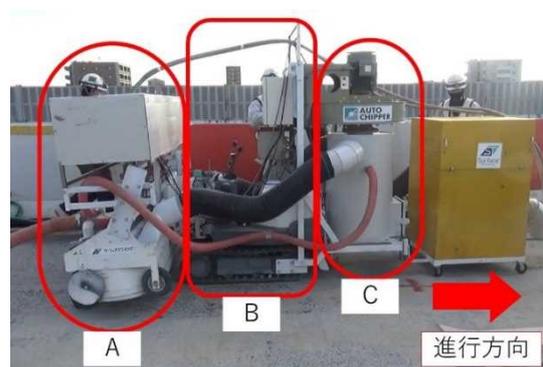


写真-4 装置全体写真（側面）

表-1 移動式オートチップー主要諸元

全長	3,600mm
全幅	2,300mm
全高	1,650mm
重量	950kg
横行速度	4,200mm/min
横行最大幅	1,800mm
施行速度	15~50mm/横行1パス

### 3.1 装置概要

新たに開発した装置は「移動式オートチップー」という名称である。

移動式オートチップーは、以下の機構により構成されている。

- A はつり装置
- B 移動装置
- C 負圧装置

各機構の主な構成を写真-3, 4に、主要諸元を表-1に示す。

この装置は写真-4中左側の、床版に接している箱状のWJによるはつり装置(A)、中央部のミニバックホーを利用した駆動部分による移動装置(B)、右側の円筒状の負圧発生装置(C)の3つの部分から構成されている。

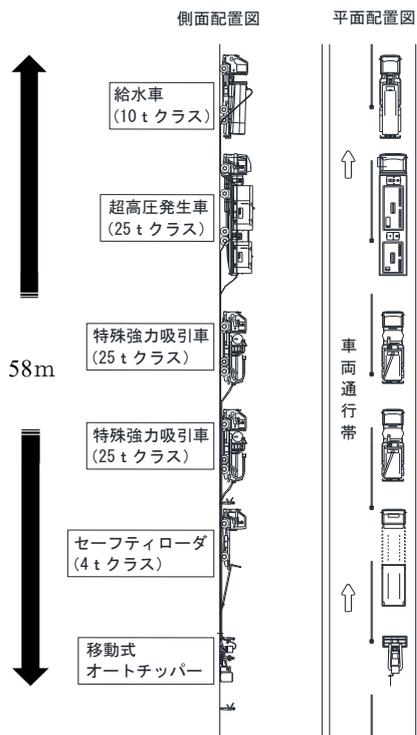


図-2 車両配置図



写真-5 車両配置状況

装置の主な寸法は全長 3.6m, 全幅 2.3m, 全高 1.65m, 総重量 950kg であり, 自走式のためセーフティローダー等によって, 運搬することが可能である。なお, はつり装置には, はつり殻の飛散防止のために鋼板を設置するが, これについては 4.2 で述べる。

施工には本体とは別に, 超高圧水発生装置やはつり殻を回収する特殊強力吸引車, 使用水運搬用の給水車などの車両設備が必要である。今回の試験施工は, 名古屋高速道路のリフレッシュ工事(通行止めによる舗装修繕工事)期間内に実施しており, 2車線のうち1車線は工事用車両の通行帯となり, 施工に必要な車両の配置スペースは1車線の幅内に限られた。移動式オートチッパー施工時の車両配置を図-2, 写真-5に示す。

#### 4. 課題への対応

##### 4.1 はつり深さの精度向上

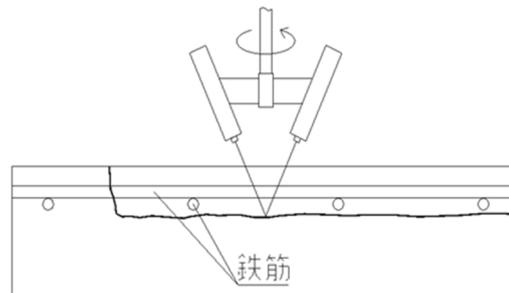


図-3 ノズル部と深さの関係概略図

コンクリート床版上面の劣化部の除去については, 補修モルタルと既設コンクリートとの一体化を確実にを行うため, 上層鉄筋下側まではつり出すことができる必要がある。また都市部での施工となることから, 高速道路下への影響を考慮し, 目標とした床版上面からはつり深さ 70mm を精度良く施工する必要がある。

はつり深さの精度を向上させ, 上層鉄筋の下面まで確実にのはつり出すため, 本機の WJ のノズル部分は図-3 のとおり「コリジョンジェット工法」の原理を応用している。2つのノズルを相互に傾斜して配置し, 射出した水の交点の位置が目標深さとなるように調整している。この交点で水勢は相殺され, これより下部には水勢が届かず, 均一のはつり深さを保つことが出来る。

はつり面の精度向上には, ノズルの傾斜角度を調整することや, WJ 工法ではつられたコンクリート殻(砕石)は鋼製枠内で飛散が繰り返され混沌とした状態となっているが, ここに負圧をかけながら作業することも, 正確なはつりに寄与していると考える。また, 鋼製枠後方の鋼板は負圧の効果高めるとともに, 砕石の飛散を抑制している。

ノズルは自動的に横方向に移動し, 横移動速度は 4,200mm/min で最大 1,800mm 幅まで施工できる。移動速度は最初にセットした速度で一定であるため, 破砕面も一定の出来形となる。施工幅はあらかじめセンサーで設定することが出来るため, 所定の幅(1パス)を施工すると自動的に駆動部によって縦方向に所定の距離を移動し, 再び横方向のはつりを行う。縦方向の移動距離は 15~50mm/パスではつり深さやコンクリート強度等に応じて, 変化させることが出来る。

また, これらの設定は事前の調整とキャリブレーションによって行う。これによって, はつり深さが一定でも発生せず, 矩形のはつり施工を実施することができる。

##### 4.2 使用水の処理

都市部での施工となることから, 供用中の路線で車線規制を行い施工することを考慮し, 使用水の床版上への流出を極力なくすことや, 施工中の使用水をできるだけ



写真-6 使用水処理の工夫

回収しながら施工することで、既設床版への影響を最小限に抑える必要があった。WJ 工法は文字通り水を使う施工方法であるが、この水をそのまま放置するのではなく、現場内に水が溢れたり、高架下へ流下しないようにしなければならない。本機では写真-6 のように、ノズル部が横方向に移動する範囲に鋼製の枠を設け、枠の中で発生水をバキュームにより吸引を行う。はつり装置枠内には同時に後部の負圧装置から負圧をかけることにより、はつり殻や余剰水が流出しないようにしている。

また、はつりが完了した部分と鋼製の枠の隙間から骨材の飛散を防止し、鋼板自重のプレスにより負圧の効果が増すよう、鋼製の枠の後方に鋼板を延長して設置する工夫をしている。

#### 4.3 施工音への対策

WJ によってコンクリートをはつる場合、ブレーカーによるはつり音よりは小さいものの、水がコンクリートに衝突して破壊する音は非常に大きいものである。

この装置はノズル部分と、これが移動する空間を鋼板による枠で覆っているが、はつり作業により飛散したコンクリート殻による衝突音が大きかったため、この枠内に吸音性と耐磨耗性に優れた、高密度ポリウレアコーティング材を塗布することによって騒音を吸収するような処理を行った。更に、はつり装置上部に箱型のカバーと防音シートを施すことによって、機械から発生する音を大幅に低減することが可能になり、施工音への対策を大きく向上させた。また、はつり作業中の破砕部は床版表面から下面の水の中での作業となり、防音効果が大きく施工時の騒音低減に寄与している。

なお、上記の本機各種構造や装置の工夫などについては、特許申請中である。

### 5. 試験施工

「名古屋高速道路都心環状線リフレッシュ工事」(2020年)において、高速3号大高線上市鶴舞JCT付近で実橋



写真-7 試験施工状況

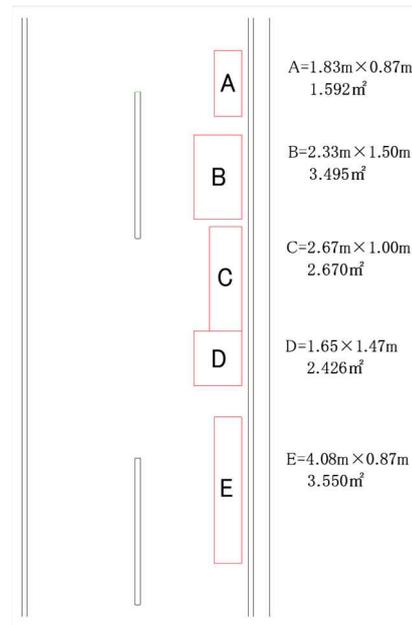


図-4 施工位置図

における試験施工を行った。写真-7 に施工状況を示す。

試験施工は令和2年11月1日、高速3号大高線上市右車線の大5～大6(橋脚番号)までの1径間において実施した。

施工個所の選定は事前に調査したデータを参考に、舗装の剥ぎ取り後にマーキングを行い、その後改めてブラスト作業の後にたたき点検で浮きのある個所等を確認し、選定した。

図-4に見られるように損傷箇所は路肩付近に連続して発生しており、センターライン側には大きな損傷はなかった。路肩コンクリート付近からの凍結防止剤の浸透や通行車両による繰り返し荷重が損傷の一因と考えられた。

施工は、前後の工程を踏まえ、朝7時の現場入場から12時30分頃までの昼間作業で行った。

部分のはつり箇所は計5箇所、約13.5㎡をはつり出した。1か所当たりの施工時間は29分～75分程度で、盛替えに要する時間は平均10分であった。これらを総合し

表-2 測定結果表

項目	端部のはつり残り	はつり処理状況	うねの延長	はつり深さ 平均値	作業時間	漏水	
規格値	±25mm	鉄筋に接したはつり処理不足がないこと	900mm以下	70mm ±20mm	—	—	
はつり箇所	A 測定値	0mm	はつり残り無し	無し	74.4mm (+4.4mm)	43分	無し
	B 測定値	0mm	はつり残り無し	無し	74.4mm (+4.4mm)	67分	無し
	C 測定値	0mm	はつり残り無し	無し	72.8mm (+2.8mm)	29分	無し
	D 測定値	0mm	はつり残り無し	無し	70.6mm (+0.6mm)	34分	無し
	E 測定値	0mm	はつり残り無し	無し	71.7mm (+1.7mm)	75分	無し



写真-8 はつり完了状況

での平均施工時間は、約 3.5m<sup>2</sup>/h であった。

試験施工では、見学者への説明や他工事との車両入れ替えによる待ち時間など予期しない調整時間も発生したため時間を要したが、実際にはもう少し効率が上がるものと考えられる。

### 5.1 はつり深さ精度の確認

今回の試験施工に際し、はつり処理面の評価基準は NEXCO 試験方法第4編構造関係試験方法<sup>3)</sup>の試験法 423-1 を参考に設定した。目標深さの精度は 70mm±20mm とし、ノズルの角度調整を行い、キャリブレーションで深さの確認をおこなって施工した結果、平均深さ 72.8mm と高い精度で施工することができた。また、はつり面は大きな起伏もなく、うねも発生しなかった。測定結果を表-2 に示す。

はつり部の形状は写真-8, 9 のように矩形となり、床版の上層鉄筋の下面まで確実にはつり出せた。端部は事前にカッターを使用せずに施工したが、端部のはつり残



写真-9 端部はつり完了状況



写真-10 鉄筋腐食部分除去状況



写真-11 はつり完了部の状況

しもなく、矩形の形状を確保することができた。また、写真-10 のように露出した鉄筋のうち、腐食部の錆は完全に除去することができた。これにより、はつり後の断面修復や補強作業が確実にできるようになり、鉄筋とコンクリートやモルタル等が確実に付着することから、構造物としての一体化が図られることになる。

### 5.2 使用水処理の確認

破砕されたコンクリート殻ははつり範囲枠内に留められ、使用水も同時にバキュームで吸引されるため枠外に出ることはなかった。さらに負圧発生装置によって飛散する水滴等も抑えられ、外部へ流出することはなかった。また、写真-11 に示すように、鋼製の枠の後方に延長して設置した鋼板によって、はつりが完了した部分と鋼製の枠の隙間から骨材が外部へ出ることはなく、はつり取った枠の中に整然と残り、作業性が非常に良かった。残

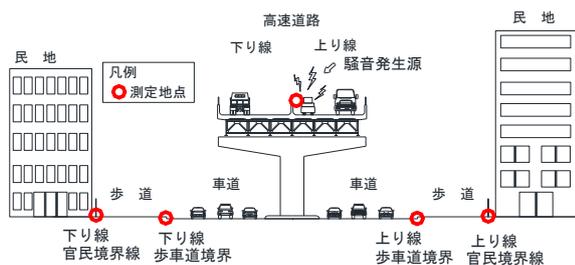


図-5 測定位置



写真-12 測定状況（高速上，街路上）

存する砕石と水は本機とは別系統のパキュウム装置で効率よく吸引した。

使用水は機械の停止や調整時に水滴が落ちる程度で周辺への漏水は皆無であった。以上の結果から使用水の処理対応は十分であり、都市高速道路での施工に適した施工法であることが確認された。

### 5.3 施工時の騒音

試験施工時には高速上と街路歩道部において、簡易的に騒音測定を行った。なお比較のため、参考としてブレイカーによるはつり音も計測している。

測定は、騒音計で5秒間の最高値を計測し記録した。また、同じ測定位置で3回計測し、その3回の平均値を測定値とした。測定位置を図-5、測定状況を写真-12、測定結果を表-3に示す。

高速上の施工位置から5m地点では、移動式オートチッパーの騒音は96.1dB、10m地点では86.7dBであった。また、街路の官民境界付近では、75~77dB程度で暗騒音と同程度であった。なお参考に同条件（ブレイカの施工位置からの距離）で計測したブレイカーの騒音と比較すると、高速上で約10~15%、街路上で8~10%程度騒音

表-3 測定結果

			単位:dBA
移動式オートチッパー			測定値 (3回計測の平均値)
高速上測定	暗騒音		80.8
	施工位置	5m地点	96.1
		10m地点	86.7
街路測定	暗騒音		73.7
	官民境界	上り側	75.7
		下り側	76.3
	歩車道境界	上り側	74.5
		下り側	76.0

が低減していることが確認でき、移動式オートチッパーによる施工は従来工法であるブレイカーによる施工と比べ、騒音が大きく低減されることが確認された。

## 6. まとめ

都市高速道路におけるコンクリート床版劣化部へのWJはつり工法について、はつり深さの精度、使用水の処理、施工音等の課題に対応できる装置を開発することが出来た。

はつり深さについては、コンクリート床版の強度、劣化の状態によって変わってくるのが想定されるため、今回の試験施工では精度の高い結果が得られたが、引き続き精度向上に向け改良していく必要がある。使用水の処理については、施工箇所からの流出は無く、同時にはつり殻の飛散もなかったことから、想定以上の結果を得ることが出来た。また、施工音については、昼間の施工には大きな支障とならないレベルまで改良することが出来たが、さらなる施工時間の確保を目指し、改良を進めていく必要がある。

## 参考文献

- 1) 藤倉 祐介, 青景 平昌: 補修・補強工事におけるコンクリート切削面の損傷程度が打ち継ぎ後の付着強度に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, vol.28, No1, 2006
- 2) 谷倉 泉: コンクリート構造物に生じた変状部のはつり処理に関する研究, 平成31年3月
- 3) NEXCO 試験方法 第4編 構造関係試験法, 令和2年7月