

48. ウォータージェットによるコンクリート目荒らしシステム

日本道路㈱：*高木 幸雄、風林 克也

1. はじめに

空港のエプロン改修において、従来の打ち換え工法に替わる新工法として、付着型オーバーレイ工法が開発された。付着型オーバーレイ工法とは、既設コンクリート舗装に、超高圧・大流量のウォータージェットおよびショットブラストによる表面処理を施し、新たに厚さ15 cmのコンクリートを打ち継ぐものである。

全層を撤去する打ち換え工法と比較すると、付着型オーバーレイ工法では、産業廃棄物の発生および二酸化炭素排出量を大幅に削減でき、環境に優しい工法である。また、工期の短縮およびコストの低減が可能になる等、経済的なメリットも大きく、時代のニーズにマッチした工法といえる。

ウォータージェット（以下「WJ」と略記）システムは、付着型オーバーレイ工法において、最も特徴的、かつ重要なシステムである。WJ技術は、建設分野においても適用されてきているが、今回のように空港のエプロンという広大な面積の施工に対しては初の試みであり、従来に比べ大規模なWJシステムの開発が必要であった。その結果、本システムは、世界的にも例を見ない超高圧、大流量WJシステムとなった。

また、大規模なWJシステムを運用する上で大きな問題となるのが、高圧ポンプへの清水の供給、発生する濁水の処理、ハツリがらの回収である。WJの使用水を上水道水にたよることは、供給上の問題があり、地下水にたよれば地下水の枯渇を招くおそれがある。そこで、大規模WJシステム用の水リサイクルシステムを、世界で初めて実用化した。また、ハツリ後の凹凸面上のがらおよびノロ分を完全に回収するシステムについても開発、実用化したものである。ここでは、この一連のWJシステムについて述べるものである。

2. 付着型オーバーレイ工法の概要

付着型オーバーレイ工法全体の施工フローを図-1に、舗装断面図を図-2に示す。

本工法は、空港エプロンの補修において、既設コンクリート舗装版の耐力を有効に活用するオーバーレイ工法である。WJにより既設舗装表面の表面に粗い凹凸を付け、さらにショットブラストによって細かい凹凸を付けることにより、新旧コンクリートの付着力を高め、一体化させることを特徴としている。WJの噴射圧力、ショットブラ

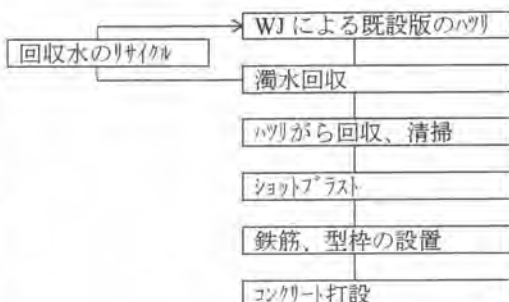


図-1 施工フロー図

ストの投射密度などを適正に管理することで、
25～30 kgf/cm²の高い付着強度を得る事が
可能である。

付着型オーバーレイ工法により、既設版の
耐用期間を大幅にのばし、さらに今後の航空
機の大型化に対応するものである。

本工法における廃材の発生は、WJ によるハ
ツリがらのみである。ハツリ深さは平均15
mmであるので、廃材発生量は打ち換え工法の
約1/20となり、きわめて少量に抑えられ
る。オーバーレイコンクリートの版厚も打ち換え工法に対しておよそ半分ですむため、二酸化炭素の排
出量は打ち換え工法に比較して半減され、環境に優しい工法とすることができる。

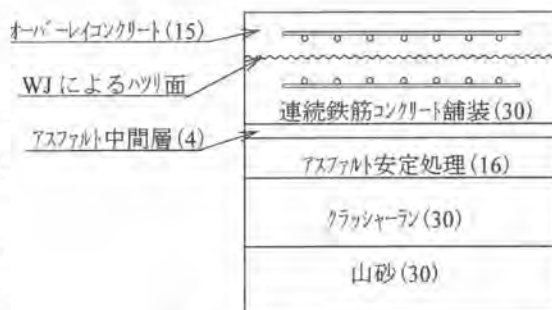


図-2 舗装断面図 (cm)

3. WJ システムの仕様・能力

図-3のように、本 WJ システムは主に3基の超高压ポンプ、自動ハツリロボット、がら回収機、および濁水リサイクル設備により構成されている。そして、その間を清水運搬車、特殊吸引車、濁水運搬車などが、結合している。

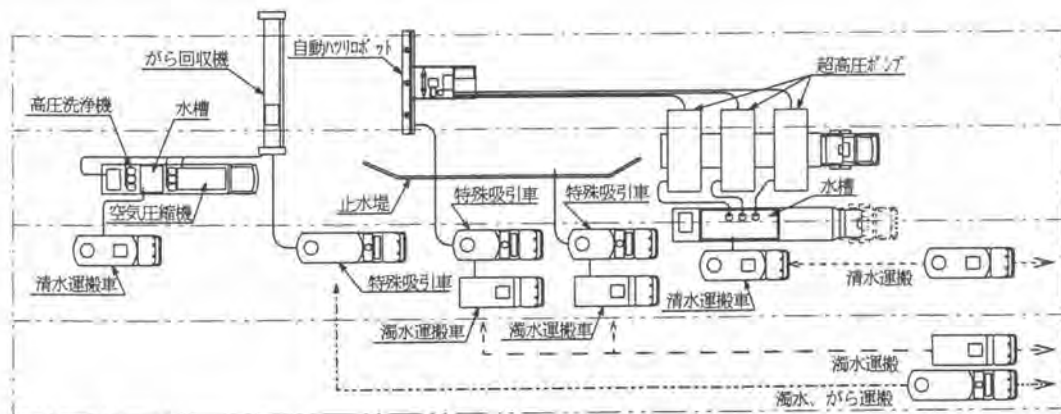


図-3 施工システム図

表-1 に WJ の仕様を示す。

空港エプロンのコンクリートは、一般の
コンクリート舗装あるいはコンクリート構
造物に比べ強度が高いこと、新旧コンクリ
ートの付着をより確実にするためには、凹
凸の程度がより均一なハツリ面であること、
そして施工面積が広大なことを考慮すると、
一般の WJ システムでは能力が不足する。

表-1 WJ システム仕様

超高压ポンプ		
1基当たり	圧力	2,100kgf/cm ² (max)
	流量	117 l/min (max)
	エンジン出力	550kw
超高压ポンプ数	3基 (並列運転)	
自動ハツリロボット		
超高压水噴射ノズル数	3基	
施工幅員	7,000mm	

そこで大きな能力を持つ超高压ポンプの開発が不可欠となった。図-4は現在日本国内で使用されている超高压ポンプの圧力と流量の関係をプロットしたものである。この図から今回開発した超高压ポンプが今までにない高压、大流量であることが分かる。

また自動ハツリロボット（ハツリ装置）は、3基の回転式高压水噴射ノズルを有し、それぞれのノズルには独立した超高压ポンプ3台から高压水を供給するシステムとし、既設コンクリート版の幅員（7m）に対しワンパス施工が可能な構造とした。3基の回転式高压水噴射ノズルは、作業用フレームに等間隔で配置され、往復横行運動する。自動ハツリロボットは、高压水噴射ノズルが横行

中は進行方向に対して停止しており、施工幅員の端部までノズルが達すると同時にステップ走行する。

施工品質を確保する上では、所定の処理面形状を得ることが重要であり、そのためには、高压、大流量、回転式高压水噴射ノズルというWJの基本要件に加え、コンクリート版と横行する高压水噴射ノズルの間隔（スタンドオフ）を常に一定に保つことが必要である。本システムでは、予め計測した既設コンクリート版の高さデータと高压水噴射ノズルの現在位置により、スタンドオフを常に一定に自動制御する装置を開発し、自動ハツリロボットに組み込んだ。

以上の結果として、本WJシステムは世界的にも類をみない大規模かつ高精度なものとなった。超高压ポンプユニットと自動ハツリロボットを、写真-1および2に示す。

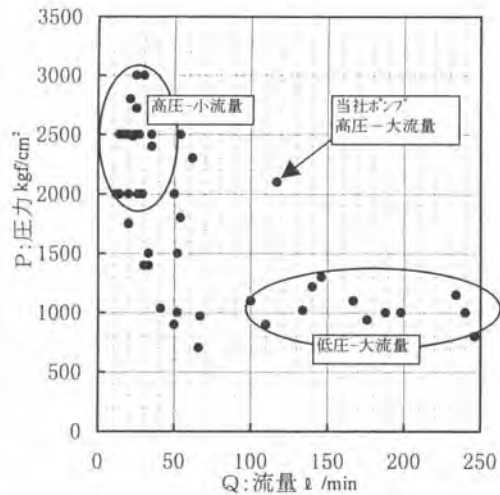


図-4 WJポンプの能力分布



写真-1 超高压ポンプユニット



写真-2 自動ハツリロボット

4. WJ 使用水のリサイクルシステムの概要

表-2 に使用機材の一覧、図-5 に使用水のリサイクルシステムのフローを示す。

WJ 用の使用水は、機械への影響を避けるために、極めて清浄な水に限られ、通常は上水道水を使用する。

一方、WJ のハツリ作業により発生する濁水は、コンクリートにより強アルカリ性を示すと共に、容易には沈殿しない微小粒子を多く含み、さらに WJ のエネルギーのため、50～60℃の高温となっている。いずれも WJ 用超高压ポンプの繊細な機構に対して有害な要因であり、リサイクルするうえで、解決しなければならない問題であったため、WJ 使用水リサイクル用の精密濾過システムを開発した。

このシステムでは、まずハツリ作業装置の特殊フード内部に設けられた濁水吸引部から、特殊吸引車により濁水を吸引する。この部分で使用水の6～7割を回収している。機外に漏れ出した濁水は、止水堤を築き特殊吸引車によって回収する。これにより、使用水のほぼ全量を回収する事が可能である。特殊吸引車で回収した濁水は、濁水運搬車に積み替えて濁水リサイクル設備に運搬する。

運搬した濁水は受水タンクに排出し、一次タンクに随時移し替えて懸濁物質を自然沈降させた後、炭酸ガスにより中和処理を行い、二次タンクへ移し替える。この二次タンクは、1日分の濁水を貯留できる大きさであり、この間に自然冷却、懸濁物質の沈降、炭酸カルシウムの析出を行っている。その後、濁水処理装置にて高分子凝集剤、PAC材を投入攪拌しペレット式フィルター、砂濾過装置、プリコートフィルターによる3段階の濾過器を通過させ、懸濁物質を除去すると共に滅菌処理を行う。この一連の処理により、WJ 用超高压ポンプに対して表-3のように再使用可能な水質を確保することができた。処理能力は、20 m³/h であり、WJ の使用水量と適合させている。

特殊吸引車および濁水運搬車を写真-3に、濁水処理装置を写真-4に示す。

表-2 使用機材の一覧

機材名	仕様	台数
特殊吸引車	2.5m ³	2
濁水運搬車	4t 車	4
受水タンク	5m ³	1
一時タンク	30m ³	2
炭酸ガス中和装置	20m ³ /h	1
二次タンク	20m ³	5
ペレット式濾過装置	20m ³ /h	1
砂濾過装置	20m ³ /h	1
プリコートフィルター	20m ³ /h	2
清水タンク	20m ³	2
清水運搬車	4t 車	4

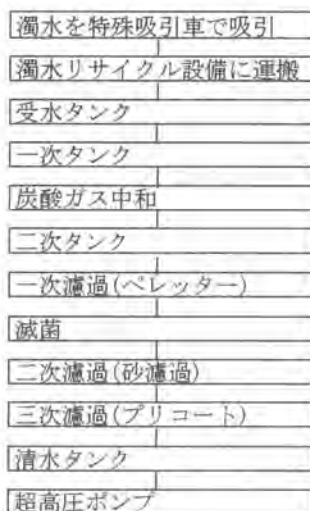


図-5 システムのフロー

表-3 リサイクル水の水質

管理項目	管理基準	実測値
濁度	10mg/ℓ以下	検出せず
p h	6.5～8.5	7.5程度
硬度	89～178mg/ℓ	120mg/ℓ程度
水温	27℃以下	27℃以下



写真-3 特殊吸引車および濁水運搬車



写真-4 濁水処理装置

今回の WJ システムを運用するには、WJ 水の他にがら回収にも高圧洗浄機用の水を必要とし、合計の使用水量は、1日に約160 m³にのぼる。これだけの水量を毎日上水道水から確保することは困難であり、地下水にたよったとしても新しい水を毎日供給し、廃水として放流することは、地下水の枯渇など工事区域周辺の社会問題となりかねない。今回開発したリサイクルシステムによれば、日々の新水の供給量を少量に抑えることができる事に加え、廃水を放流する必要がなくなり、環境への影響を最小限にとどめる事ができた。

5. がら回収システムの概要

WJ によるハツリ表面は10～20mmの凹凸が連続しており、この上に散らばるハツりがらおよびノロ分は非常に扱いづらく、通常のロードスイーパー等では清掃が不可能であるため、専用のがら回収機を開発した。表-4に使用機械の一覧、図-6にがら回収システムの概略図を示す。

ハツリ面上に散乱するがらを回収するには、圧縮空気と高圧水を組み合わせて、洗浄しながら吹き飛ばす方法が最も有効である。実験を重ねた結果、図-6のような最も効率的な装置構成を見いだした。ハツリ面に積み重なるハツりがらに対して、圧縮空気および高圧水を噴射し、がらを路面から浮かせブラシに向けて吹き飛ばす。次にブラシの回転によって前方

表-4 使用機械一覧

機械名	仕様	台数
がら回収機	作業幅 1.5m	1
特殊吸引車	タンク容量 8m ³	2
空気圧縮機	21.9m ³ /min	1
高圧洗浄機	150kgf/cm ²	6
水槽	5m ³	1
大型平ボディー		1

空気圧縮機、高圧洗浄機、水槽は大型平ボディーに積載

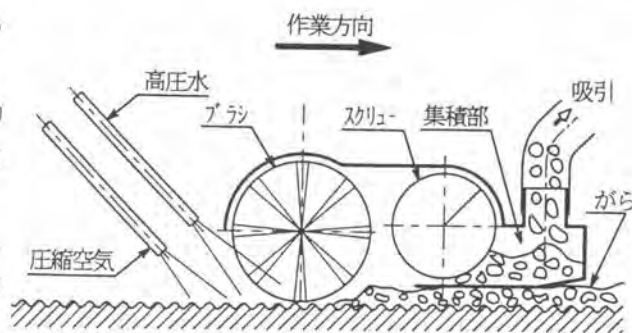


図-6 がら回収システムの概略

のスクリーに移動させ、集積部に集めた後に、上部に設けた開口部から特殊吸引車で吸引する。この方式によるとハツリがらのみではなく、ノロ分や水分も同時に回収することが可能であり、WJによるハツリ面の清掃には最も適した方法と言える。また一連の作業は完全に自動運転で行い、省力化が進んだシステムといえる。特殊吸引車のレシーバタンクに溜まったがらは、指定された集積場所までそのまま自走運搬し排出する。ハツリがらについても、その発生量は少ないものの、再生材等への有効活用が可能である。

写真-5にがら回収機、写真-6にがら回収機用特殊吸引車を示す。



写真-5 がら回収機



写真-6 がら回収機用特殊吸引車

6. おわりに

本システムにおいて、平成10年に約 35,000 m³のエプロン改修工事を完了し、現在、2度目となる改修工事が実施されている。付着型オーバーレイ工法は、環境に配慮し、経済的にも優れた工法であり、他の空港あるいは他の構造物への適用の拡大、普及が期待される。また、本システムにより、超高圧・大流量・高精度制御のWJ技術が確立でき、異分野への応用の可能性も考えられる。

一般的にWJシステムを運用する際に、特に問題となるのが、大量の使用水の調達とハツリ水の処分である。給水場および廃水場の確保、水質の調査、給水車の台数、交通渋滞など様々な要因がふくまれている。今回のような大規模システムを、供用中の空港エプロンという特殊な状況で運用するには、この問題はさらに深刻なものとなる。今回開発した水のリサイクルシステムは、この問題を環境に優しい方法ですべて解決すると共に、湖沼あるいは河川などの水でも、一旦リサイクルシステムを通すことによって、WJ用超高圧ポンプに適用することが可能になるなど、WJ工法の適用範囲を広げることが可能となった。

今後、さらに環境に優しく、経済的にメリットのある工法となるよう研究開発をかさね、システムの改良を行い、WJ工法の拡大、普及に取り組む所存である。

【参考文献】

金子：完全付着型オーバーレイ工法の確立、月刊建設（1997,11）