

## 環境に配慮した鋼橋の予防保全工法

ヤマダイインフラテクノス(株)

### 業務内容

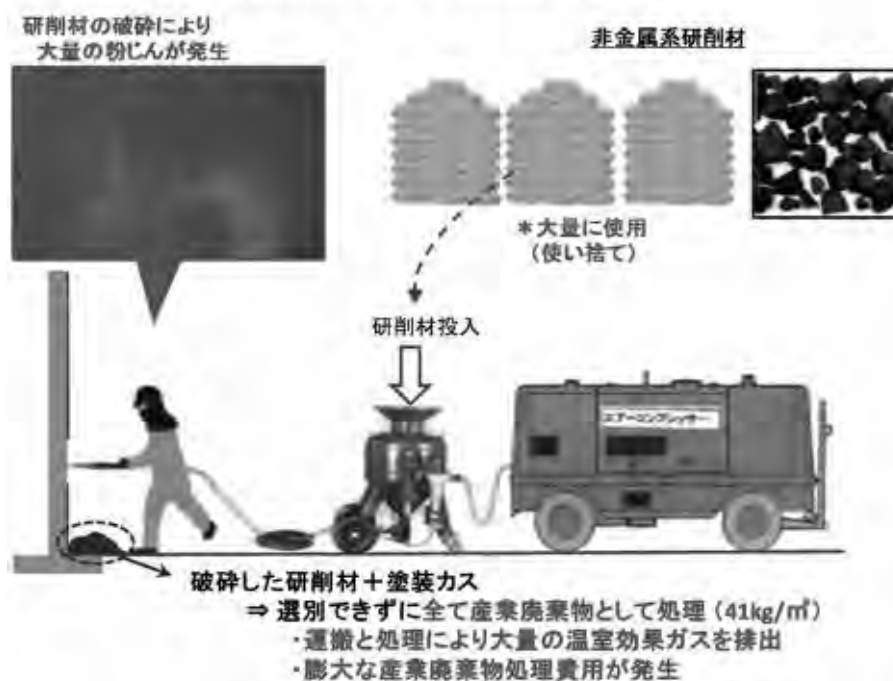
#### a. 業績の行われた背景

高度経済成長期に一気に建設され、日本経済の発展を支えてきた橋梁が高齢化を迎え、多くの損傷が発生している。鋼橋における代表的損傷は「腐食」である。集中的にサビが発生した状態、あるいはサビが極度に進行し、板厚の減少や断面が欠損した状態で、放置すれば橋の構造に支障をきたす恐れがある重大な損傷である。かつてはこの腐食を予防するため、サビや劣化した部分の塗膜を削り取り、その上から塗装を塗り重ねる方法が採用されていた。しかし長寿命化の観点から、平成17年に「鋼道路橋塗装・防食便覧（現在の鋼道路橋防食便覧）」において、塗替え塗装仕様が耐久性に優れた重防食塗装系を基本とするように規定され、中でも一番効果が高いRc-I塗装系が標準仕様として推奨されるようになった。Rc-I塗装系とは、ブラスト工法による素地調整程度1種でサビと旧塗膜を完全に除去すると同時に、塗膜の防錆効果を高めるため鋼材面に適度な粗さを付与し、塗料の密着性を良くしたうえで重防

食塗装を施す仕様である。これに伴いブラスト工法の需要が一気に高まった。

しかし、長寿命化のための工法とはいえ、従来のブラスト工法には大きな課題があった。ブラスト工法とは、研削材と呼ばれる1mm程度以下の小さな粒を圧縮空気により塗装面に叩き付けることで旧塗膜やサビを除去する工法だが、従来ブラスト工法では、高炉スラグ等の非金属系の研削材を使い捨てで使用していた。この非金属系研削材は1度塗装を剥すと破碎してしまい、剥した塗装カスと混じって選別できなくなり、産業廃棄物として処理しなければならなかった。その量だが、1m<sup>2</sup>の塗装を剥すための研削材の標準使用量は40kgだが、これが破碎し産業廃棄物になる。一方、塗装は既設塗膜厚により差はあるが、1m<sup>2</sup>当たりの剥離量は1kg程度である。つまり、1m<sup>2</sup>のブラストで発生する産業廃棄物発生量は破碎した研削材と塗装カスを合わせて41kgとなる。1kgの塗装を剥すために40kgのゴミを発生させていた事になる。産業廃棄物の大量発生は、その運搬と処理行為に伴い温室効果ガスを大量

### 従来ブラスト工法の課題



に排出し、膨大な処理費用がかかる。旧塗膜には高確率で鉛・PCB等の有害物質が混入しており、その処理費用はかなり高額となる。また、研削材の破碎によって大量の粉じんが発生し、作業環境を悪化させる。これにより作業員の視界は妨げられ、作業効率が悪くなり、プラストの品質を落としかねない。

従来プラスト工法のこれらの課題は、鋼橋長寿命化を推進するにあたり大きな足かせとなっていた。筆者らは、このゴミを何とか減らしたいと考えた。

**b. 業績の詳細な技術的説明**

筆者らは、従来プラスト工法の課題を克服するためには、塗装を剥した際に破碎せず、何度も再利用できる金属系の研削材を採用するしかないと考えた。

元来プラスト工法の研削材は、研削能力が高い反面、重くて湿気の影響を受けやすい金属系のものは、設備の整った工場で主に使用され、軽くて扱いやすく湿気の影響を受けにくい非金属系のものが主に現場で使用されてきた。この重く湿気に弱い金属系研削材を既設の鋼橋において、いかに回収し、そして何度も再利用するためには、剥した塗膜カスと研削材をどう選別するかが課題克服のための大きなポイントであった。

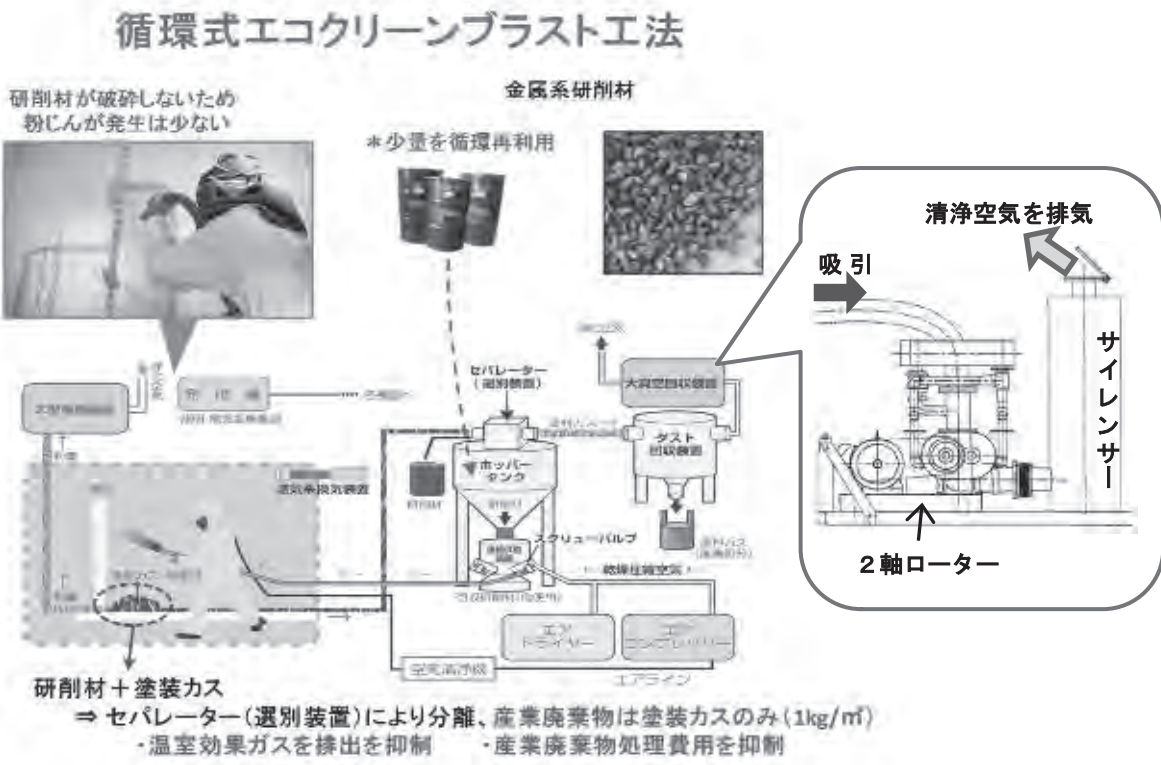
まずは重い金属系研削材を回収するための真空回収装置を開発した。これは2軸ローターの回転により効率よく真空吸引を行い、付属のサイレンサーにより騒音を低減し、吸引したエアを高性能浄化装置により清浄空気として排

気する装置であり、現場での騒音低減と周辺環境への配慮を考えたものである。回収された金属系研削材には塗装カスが混じっている。これを選別するための装置がセパレーターである。これは、研削材と塗装カスを重量差により選別する。重い研削材はホッパータンクに落ち、軽い塗装カスは、吸引エアと共にダスト回収装置に溜まっていく。ホッパータンクに落ちた研削材は、連続供給装置により送り出され、コンプレッサーによる圧縮空気によって再び噴射され再利用されるが、この際エアドライヤーを導入したことで、圧縮空気は乾燥圧縮空気となり、金属系研削材は発錆や固結をすることなくスムーズに循環再利用することが可能となっている。これが「循環式エコクリーンプラスト工法」のシステムである。

**c. 技術的効果**

「循環式エコクリーンプラスト工法」は研削材を循環再利用するシステムのため、従来プラスト工法のように研削材の破碎に起因する産業廃棄物は発生しない。選別された塗装カスのみが産業廃棄物として処理されるのである。したがってその量は1m<sup>2</sup>あたり1kgであり、従来プラスト工法の約1/40となる。これに伴い、温室効果ガスの排出量や産業廃棄物処理費用も大幅に削減されることとなる。

さらに、研削材が破碎しないため、大量の粉じんが発生することはない。作業環境が大幅に改善され、作業効率や品質の確保につながる。



#### d. 経済的効果

塗装は、以前その性能を上げるために、塗料の中に鉛やPCB等を含ませていた時期があった。PCBは1966年から1974年に製造された塩化ゴム系塗料に可塑剤として、鉛は2008年のJIS改訂で廃止されるまで錆止めとして多く使用されてきた。従って、ブラスト対象となる古い塗膜には、ほぼ間違いなく鉛が含有しており、PCBも塗装された時期によっては、高い確率で含まれていることになる。PCB含有塗膜は2027年3月までに処分することが義務付けられており、鉛含有塗膜も人体に悪影響を及ぼすとして、適正な安全設備の元で処理することとなっている。これらは特別管理産業廃棄物となり、その処理費用が一般産業廃棄物と比べて高価となる。

循環式エコクリーンブラスト工法は、金属系研削材を回収し塗装カスと選別し循環再利用するシステムを有しており、使用機材が大掛かりとなるため、施工費用は従来ブラスト工法に比べ割高となる。橋種や施工規模により異なるが、一般的には従来ブラスト工法単価に対し、循環式エコクリーンブラスト工法単価は約3割ほど高くなる。しかし、産業廃棄物処理費用を含んだトータル費用で比較すると、鉛含有の場合、一般的に500m<sup>2</sup>程度以上の施工規模であれば循環式エコクリーンブラスト工法の方が安価となる。PCB含有の場合、処理費用が1,000,000円/tと非常に高価なため、施工規模に関係なく循環式エコクリーンブラスト工法の方が安価となる。

限られた予算の中で鋼橋の長寿命化政策を行うためには、この削減費用は大きな経済的効果といえる。

#### e. 施工または生産・販売実績

「循環式エコクリーンブラスト工法」の累計施工実績は

2019年度末時点で約108万m<sup>2</sup>となっている。

なお、発注者別に集計した実績は以下ようになる。

国土交通省：約47万m<sup>2</sup>、高速道路：約20万m<sup>2</sup>、地方自治体：約39万m<sup>2</sup>、民間等：2万m<sup>2</sup>

この約108万m<sup>2</sup>の施工実績を、従来ブラスト工法で施工した場合に比べどれだけ産業廃棄物を削減した事になるかを算出すると、約43,000tとなる。また、この産業廃棄物発生量に伴う温室効果ガス排出量を、産業廃棄物の種類別に定められたCO<sub>2</sub>換算係数を用いて算出すると約9,400t-CO<sub>2</sub>（東京ドーム4.3個分の容積に匹敵）となる。

#### f. 類似工法または機械との比較

循環式エコクリーンブラスト工法と従来ブラスト工法との比較を下表に示す。

なお、ブラスト時の粉じん発生状況の比較については、当社内ラボにて同条件で5分間1m×1mの鉄板にブラスト処理を行った結果である。集じん機は使用していない。研削材については、非金属系は比較的粉じんの発生が少なくとされているフェロニッケルスラグの「ネオブラスト」を、金属系研削材は工事で使用済みの「スチールグリット」を使用している。

#### g. 波及効果

筆者らは、“ゴミを減らして世界を変える”の精神の下、循環式エコクリーンブラスト工法の開発、普及に努めてきた。当初は、施工費用が従来ブラスト工法よりも高くなってしまふ点がネックとなり、なかなか採用されなかったが、特別管理産業廃棄物の処理費用の高騰もあり、処理費用を含んだトータル費用として安価になる点が徐々に理解されはじめ、NETISへの登録とも相まって、少しずつだが本

### 循環式エコクリーンブラスト工法と従来ブラスト工法の比較

比較項目	従来ブラスト工法	循環式エコクリーンブラスト工法
使用する研削材	非金属系研削材の1回使用（使い捨て）	金属系研削材を循環再利用
塗膜カス・研削材の回収方法	ブラスト処理の終了したエリアを、人力あるいはバキューム車により回収し、塗膜カス・研削材ともに運搬・処理をする。	真空回収装置により、ブラスト後に順次回収し、セパレーターにより塗膜カスと研削材を選別する。
日当り施工量	55㎡/日	68㎡/日
資機材設置スペース	機械スペースは少なくすむが、大量の研削材を置くスペースが必要となる。	機械スペースはある程度必要になるが、4t車による車載式により日々回送も可能
施工時の発生粉じん量	大量	少量（従来工法の約1/20）
産業廃棄物発生量	約41kg/㎡ （塗膜カス+破砕した研削材）	約1kg/㎡ （塗膜カスのみ）
温室効果ガス排出量	大量 （産業廃棄物発生量に比例）	少量 （産業廃棄物発生量に比例）

（当社比）

## ブラスト時の粉じん発生状況の比較

循環式エコクリーンブラスト工法  
スチールグリット  
(他工事使用済み品)



従来ブラスト工法  
ネオブラスト  
(非金属系研削材)



1分後

5分後

\* 当社ラボ内にて試験  
(集じん機は未設置)



試料名称	粉じん付着量 (mg)	粉じん濃度 (mg/m <sup>3</sup> )
スチールグリット	7.97	320
ネオブラスト	155.20	6,200

スチールグリットは非金属系研削材に比べ  
粉じん発生量が約1/20に抑制できる。

工法が採用されるようになり、実績を伸ばすことができた。

一方、平成26年5月の厚生労働省通達により、作業員の鉛中毒対策として鉛含有塗膜のかき落としは湿式工法(塗膜剥離剤など)を原則とされたが、塗膜剥離剤では鏝は落とせず素地調整にはならない事、塗料によっては全く剥がれない事、1度の施工では塗膜が剥せず複数回施工が必要になり費用が大きく膨れ上がる事などが徐々に判明してきた。

元々ブラスト工法は、粉じん障害防止規則によって特定粉じん作業に定められており、作業員は鉛作業の際に着用を義務付けられている「電動ファン付きマスク」よりもはるかに安全性の高い「送気マスク」が義務付けられている。このため、ブラスト作業は、鉛中毒予防規則により湿式施工から除外されている。

このような流れの中、法令に基づいた万全な安全対策を行うことで、乾式(ブラスト工法)による鉛除去が可能である事に多くの発注者様が理解を示されるようになり、さらに、従来工法よりも産業廃棄物排出量が少なく、作業環境も良い「循環式エコクリーンブラスト工法」をブラストの標準工法に指定していただける発注者様も出てきた。

現在、同工法は技術審査証明の認定申請中である。

ところで、鋼橋の腐食に次ぐ重大損傷として「疲労き裂」があげられる。ブラスト施工後にも多くの橋でき裂の発生を確認している。筆者らは、鋼材の疲労強度を向上する技術である「ショットピーニング」に使用する特殊鋼球が、

研削材と同程度のサイズであることに着目し、循環式エコクリーンブラスト工法のシステムを活用し、研削材をピーニング用特殊鋼球に置き換えることで、既設鋼橋への疲労強度を2等級向上できる「エコクリーンハイブリッド工法(NETIS CB-180024-A)」を開発した。岐阜大学と共同研究を行い効果の検証も行っており、実績も徐々に増えてきている。

ブラスト施工後に、必要に応じて疲労き裂の予防ができるエコクリーンハイブリッド工法という選択肢が追加されたことは、循環式エコクリーンブラスト工法の大きな優位性であり、鋼橋の長寿命化に一石を投じる事ができると確信している。

### h. 特許、実用新案のタイトル

関連する特許(すべて国内)を以下に示す。

1. 鋼構造物の予防保全工法、及びこれに用いられる循環式ブラスト装置  
特許第6304901号 登録日:平成30年3月16日
2. 鋼構造物の保全塗装工法、及びこれに用いられる循環式ブラスト装置  
特許第6444232号 登録日:平成30年12月7日
3. 鋼橋用ブラスト方法  
特許第6474306号 登録日:平成31年2月8日
4. 既設の鋼橋の予防保全方法  
特許第6501718号 登録日:平成31年3月29日

**i. 他団体の表彰等**

他団体の表彰（応募中を含む）について以下に示す。

1. 第16回 国土技術開発賞 地域貢献技術賞（平成26年7月）
2. 中部カーボンオフセット大賞 貢献賞（平成27年2月）
3. 第49回 グッドカンパニー大賞 特別賞（平成28年2月）
4. 22017 愛知環境賞 優秀賞（平成29年2月）
5. 環境賞 環境大臣賞（平成30年6月）
6. 平成元年度土木学会環境賞（応募中）

**お断り**

このJCMA 報告は、受賞した原文とは一部異なる表現をしています。

