



文部科学大臣表彰 科学技術賞

EE東北2025

循環式ショットピーニング工法

NETIS CB-180024-VE 活用促進技術 / 国内特許第6304901号・第6501718号

米国特許 US11959148 B2 / 韓国特許 10-2025-0019722

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

私たちは、循環式ブラスト+ショットピーニングで**予防保全型メンテナンス**を推進します。

私たちはウシワカ・プロジェクトを応援しています



一般社団法人
日本鋼構造物循環式ブラスト技術協会

予防保全型メンテナンスへの本格転換

国土交通省
インフラ長寿命化計画（行動計画）

令和3年度～令和7年度

令和3年6月18日
国土交通省

1. はじめに

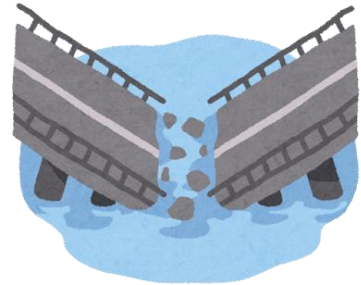
平成25年11月に、政府全体の取組として、国民生活やあらゆる社会経済活動を支える各種施設をインフラとして幅広く対象とし、戦略的な維持管理・更新等の方向性を示す基本的な計画として、「インフラ長寿命化基本計画（以下「基本計画」という。）」がとりまとめられた。

平成26年5月に、この基本計画に基づき、国土交通省が管理・所管するあらゆるインフラの維持管理・更新等を着実に推進するための中長期的な取組の方向性を明らかにする計画として、「国土交通省インフラ長寿命化計画（以下「行動計画」という。）」を策定した。

この行動計画に基づき、個別施設毎の長寿命化計画（以下「個別施設計画」という。）を核として、点検・診断、修繕・更新、情報の記録・活用といったメンテナンスサイクルを構築するとともに、インフラの大部分を管理する地方公共団体への技術的・財政的支援などを実施してきた。また、将来の維持管理・更新費の推計により、損傷が軽微な段階で補修を行うことで施設を長寿命化させる「予防保全」の考え方に基づく取組の必要性・有効性を周知するとともに、より効率的なメンテナンスを実施するための新技術の開発・導入の推進、社会情勢や地域構造の変化に応じた集約・再編等の取組の促進などを実施してきた。

インフラは「国民の安全・安心の確保」「持続可能な地域社会の形成」「経済成長の実現」という役割を担っている。その役割を下支えるため、これまでに整備したインフラがその機能を将来にわたって適切に発揮できるよう「持続可能なインフラメンテナンス」が必要である。特に、自然災害が近年に激甚化・頻発化している中で、整備したインフラが事前防災として大きな効果を発揮できるよう、平時から適切なインフラメンテナンスを実施することの意義は大きくなっている。また、データやデジタル技術の社会実装等、インフラ分野のDX（デジタル・トランスフォーメーション）を推進していく必要がある。

これまで国土交通省が実施してきた数々のインフラメンテナンスの取組に加え、「予防保全」への本格転換、新技術等の更なる普及、インフラストック適正化の推進などの取組を充実・深化させた、第2次の国土交通省インフラ長寿命化計画を策定する。計画内容を着実に実施・推進することで「持続可能なインフラメンテナンス」の実現につなげていく。



事後保全



予防保全

これまで国土交通省が実施してきた数々のインフラメンテナンスの取組に加え、「予防保全」への本格転換、新技術等の更なる普及、インフラストック適正化の推進などの取組を充実・深化させた、第2次の国土交通省インフラ長寿命化計画を策定する。計画内容を着実に実施・推進することで「持続可能なインフラメンテナンス」の実現につなげていく。

鋼橋の代表的な損傷とその予防保全

腐食



集中的に錆が発生している状態、又は錆が極度に進行し板厚減少や断面欠損が生じている状態。
橋梁構造に影響が出る大な損傷です。

予防保全工法として、Rc-Ⅰ塗装系への塗装塗り替えが定着

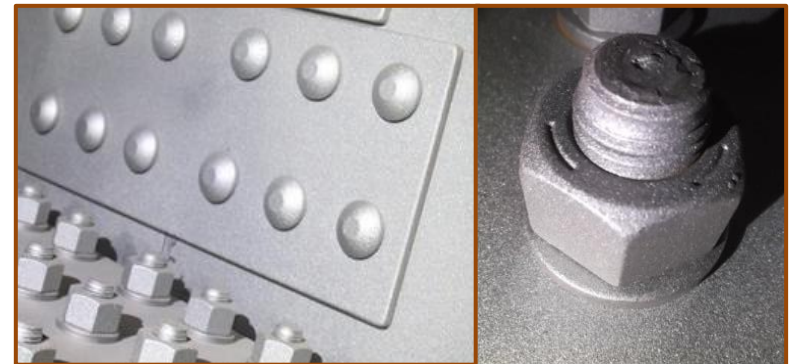
❖ Rc-Ⅰ塗装系とは、ブラストにより旧塗膜やサビを完全に除去し、重防食塗装を塗布する塗装系
ブラストの際に鋼材面に適度な粗さを付けることで塗膜の密着性を良くし防食効果を高める



送気マスク着用によるブラスト施工



研削材・粉じんの飛散防護設備が必須



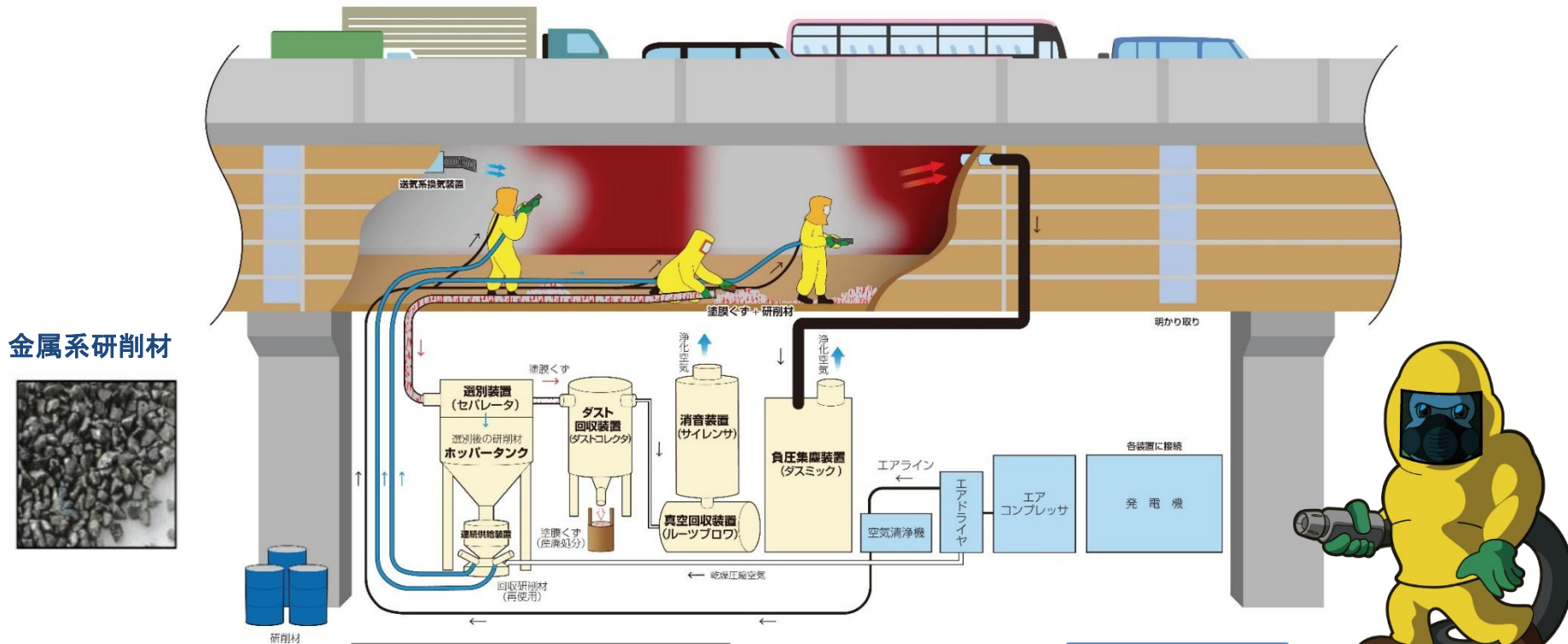
添接部でもきれいに除錆・塗膜除去が可能

研削材を再利用(リユース)するブラスト工法

NETIS KT-230028-A / 建設技術審査証明 建審証第2201号

循環式ブラスト工法®

工場ブラストの環境を現場で再現！
耐摩耗性の高い**金属系研削材**を循環再利用



研削材

破碎せず
足場床に堆積 **約 110t/1000㎡**

塗膜くず

剥がれて
足場床に堆積 **約 1t/1000㎡**

両者を回収し選別

循環再利用

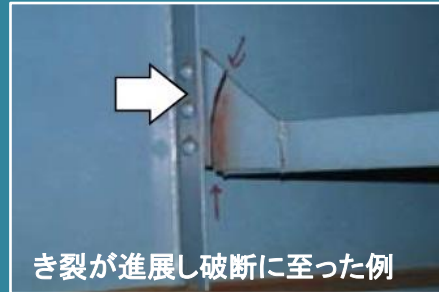
産業廃棄物として処理
約 1t/1,000㎡

鋼橋における、腐食以外の重大損傷

疲労き裂



溶接部に発生したき裂



き裂が進展し破断に至った例

交通量の増加・車両の大型化により、疲労が蓄積し、弱点となりやすい溶接止端部からき裂が発生した状態。放置すると、母材に進展し破断につながる重大な損傷

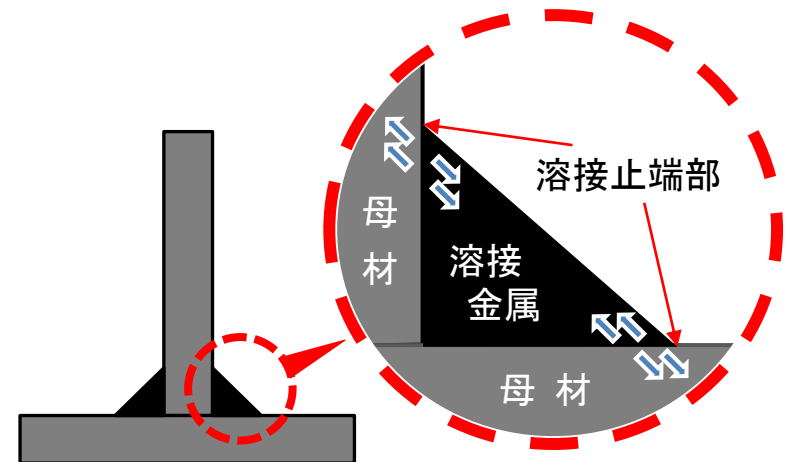
き裂発生後に対処する事後保全が一般的

- ・溶接継手部は、溶接金属と母材が固着した形で成り立っている。
- ・溶接時に高温だった溶接金属は冷えて収縮しようとするが、母材に固着しているため変形が拘束される。
- ・したがって溶接止端部は強く引っ張られた状態となる。

(引張残留応力が導入された状態)



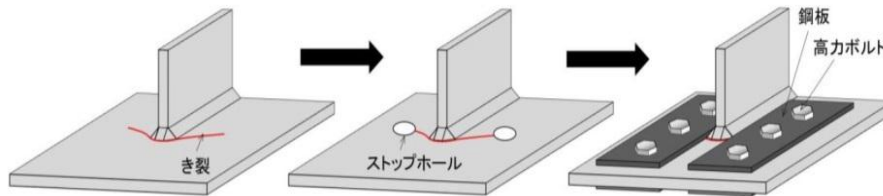
溶接止端部は、
き裂が発生しやすい状態となっている



疲労き裂の対処方法

疲労き裂は、発生すれば、当て板補修や溶接補修等の補修を行うが・・・

き裂補修工法の一例

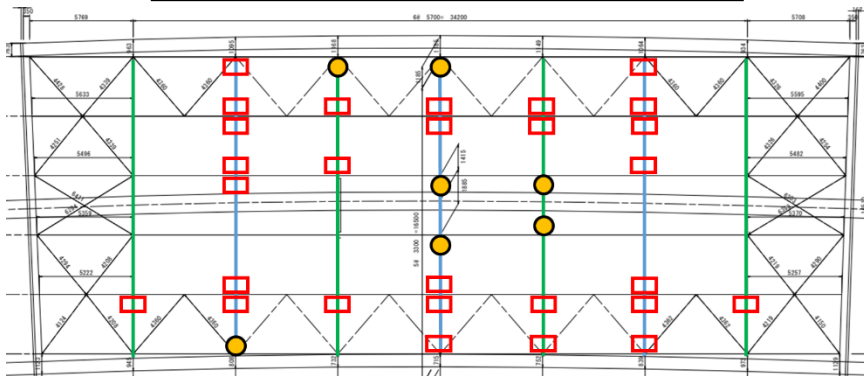


◇ 補修の際に、現地での溶接・穴あけ作業等を伴う

- ・作業のための**足場が不可欠**
- ・施工部分の**塗装の剥離、再塗装が必要**
- ・既設鋼材へ悪影響を与えないような**精度の高い施工が必要**
- ・維持管理に係る**コストが増大する**

き裂発生箇所と同等疲労強度の箇所に、新たにき裂が発生する可能性大

当て板補修後に新たなき裂が発生した橋梁の例



- : 過年度に当て板補修済み箇所
● : 新たなき裂箇所 (= き裂が発生しやすい箇所)

定期点検ごとに
き裂が発見されても
おかしくない状況

疲労き裂に対する
予防保全工法の
確立が必要 !!



既存の疲労き裂対策

グラインダーによる溶接止端処理（鋼構造物の疲労設計指針・同解説に記載）

溶接止端部を切削し、微細な溶接キズを除去するとともに、形状を滑らかにして応力集中を低減させ疲労強度の改善を図る処理方法 → **疲労強度を1等級向上**

- ① 指針には、「母材と溶接部の境界に溶接止端を示すラインを残さず、削り深さ0.5mm以下とするのが望ましい」と記載され、処理した溶接止端の曲率半径が3mm以上を満足すれば、疲労強度を1等級向上させる、とされている。

→ **相当な熟練度が必要（削りすぎはNG）**

※ 供用中の橋梁では、振動の中での施工となる。

- ② 使用器具の大きさから、既設の鋼橋では、十分な空間が確保できないと使用できない。

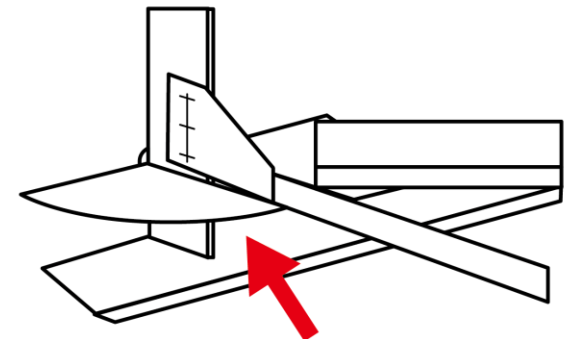
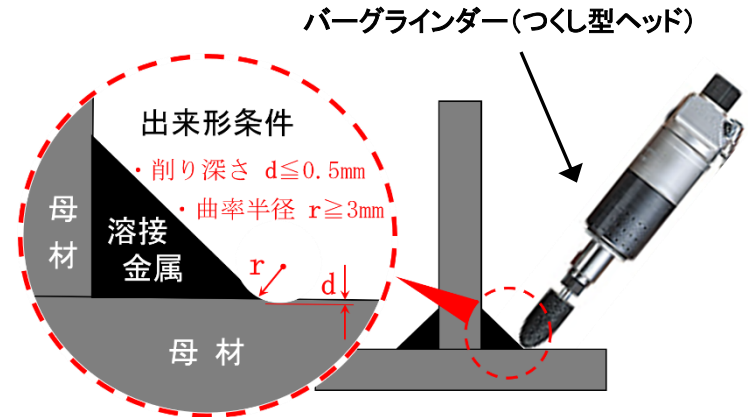
→ **狭隘部への施工は困難**

- ③ 標準日当り施工量が2～8箇所/日（橋梁架設工事の積算より）

→ **作業効率が非常に悪く、費用も高い**



既設鋼橋での実績は決して多くなかった・・・。



こういった狭隘部への施工は困難

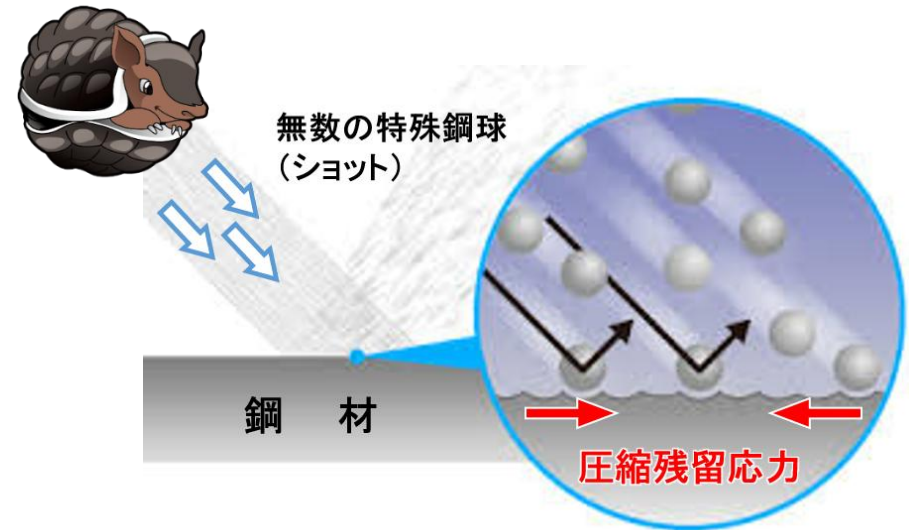
疲労き裂の予防保全工法確立に向けて

自動車業界・航空機業界において、
疲労強度向上技術として実績のある「**ショットピーニング**」に着目!!

ショットピーニングとは

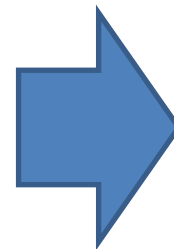
無数のピーニング用の特殊鋼球(ショット)を高速度で鋼材表面に叩きつけ、表面近傍だけを塑性変形させることで、表面層に**圧縮残留応力**を与え、疲労き裂や応力腐食割れなどに対する抵抗力の向上を図る技術。

バネ・歯車・クランクシャフト等といった自動車部品から、ジェットエンジン・翼・ランディングギヤ等の航空機関連などに古くから利用されている。



現場採用における課題

- ① ショットの飛散防止対策
- ② ショットの回収・再利用方法
- ③ 湿度によるショットの固結・発錆対策



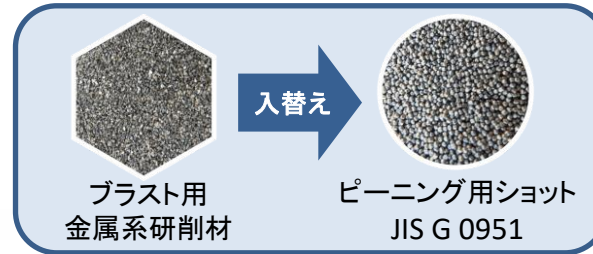
**循環式ブラスト工法の
システム応用により解決**

疲労き裂の予防保全工法の誕生!!

ブラスト用の足場・防護設備を併用でき、
ショットの飛散防止が可能



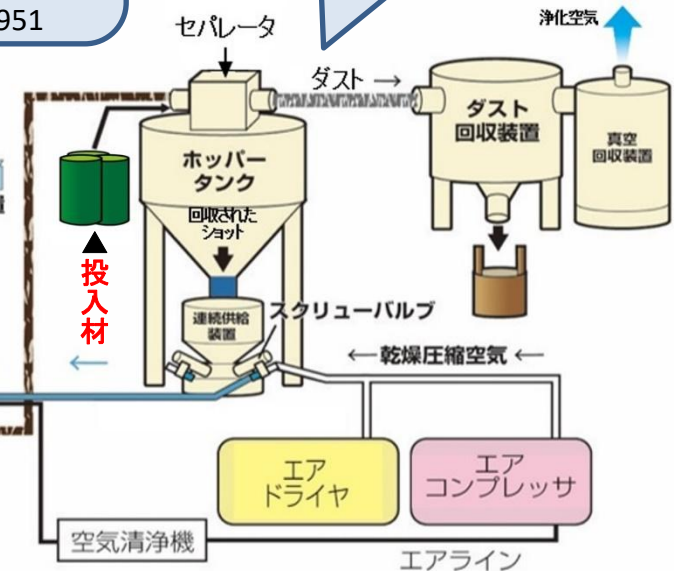
投入材を、ブラスト用研削材から
ピーニング用ショットに入れ替える



循環再利用システムの活用で
ショットの回収再利用が可能
さらに、
エアドライヤーの乾燥空気供給で
ショットの固結・発錆を防止



圧縮空気によるショット噴出のため、
作業効率良好。熟練度も不要
また、狭隘部への施工も容易



❖ 塗替塗装工程において、循環式ブラストシステムと足場・防護設備を活用し
既設鋼橋へのショットピーニングを可能とした予防保全工法

循環式ショットピーニング工法

(旧名：エコクリーンハイブリッド工法)

NETIS:CB-180024-VE
＜活用促進技術＞



NETIS SITE



ショットピーニング用特殊鋼球のJIS制定

JIS

鋼構造物への循環式ショットピーニング用
ショット

JIS G 0951 : 2020

(JSCB/JSA)

令和2年9月23日 制定

日本産業標準調査会 審議

(日本規格協会 発行)

著作権法により無断での複製、転載等は禁止されております。

ショットピーニングで使用する特殊鋼球が、

「鋼構造物への循環式ショットピーニング用ショット」

として、令和2年9月23日にJIS制定完了!!

＜適用範囲＞

この規格は、鋼構造物の表面に主として圧縮残留応力を付与するなどの表面改質によって、溶接部及び溶接部周辺熱影響部の疲労強度向上を図ることを目的とした循環式ショットピーニング加工に用いるショットについて規定する。

JISの力で
パワーアップ!!

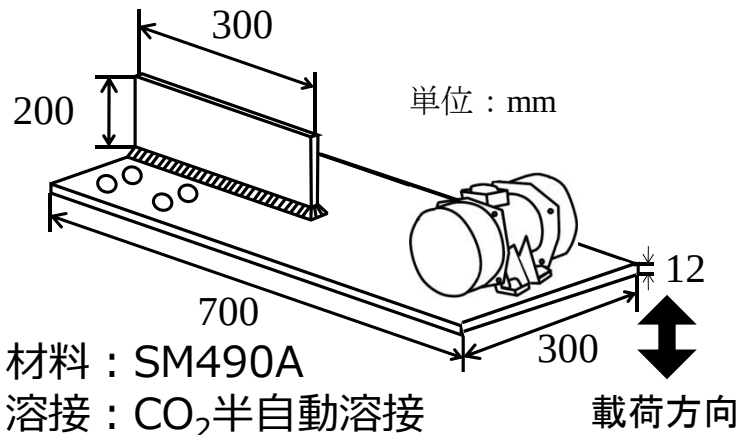
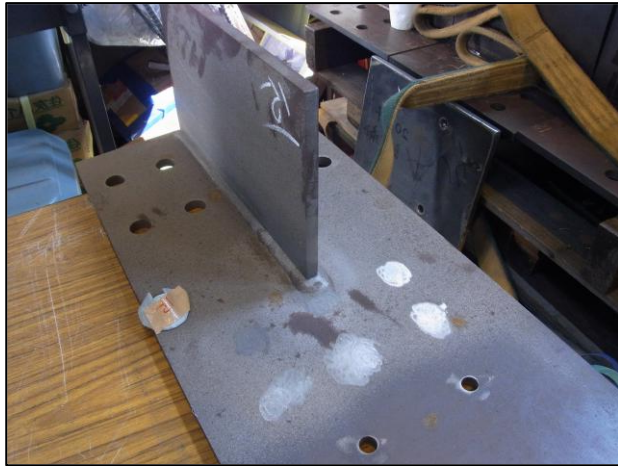


循環式ショットピーニング工法の効果実証1

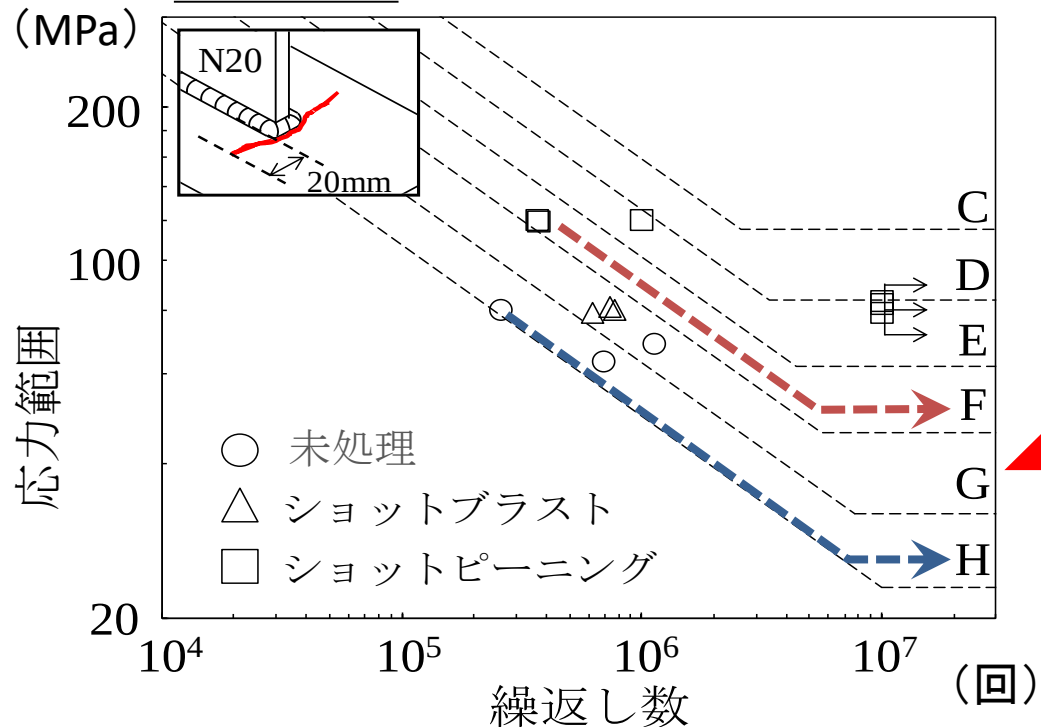
①試験体による疲労強度試験結果

岐阜大学との共同研究で効果も実証済

標準ガセット試験体



疲労試験結果



● ショットピーニングにより高い圧縮残留応力が導入され、未処理に比べ**疲労強度が2等級向上した**

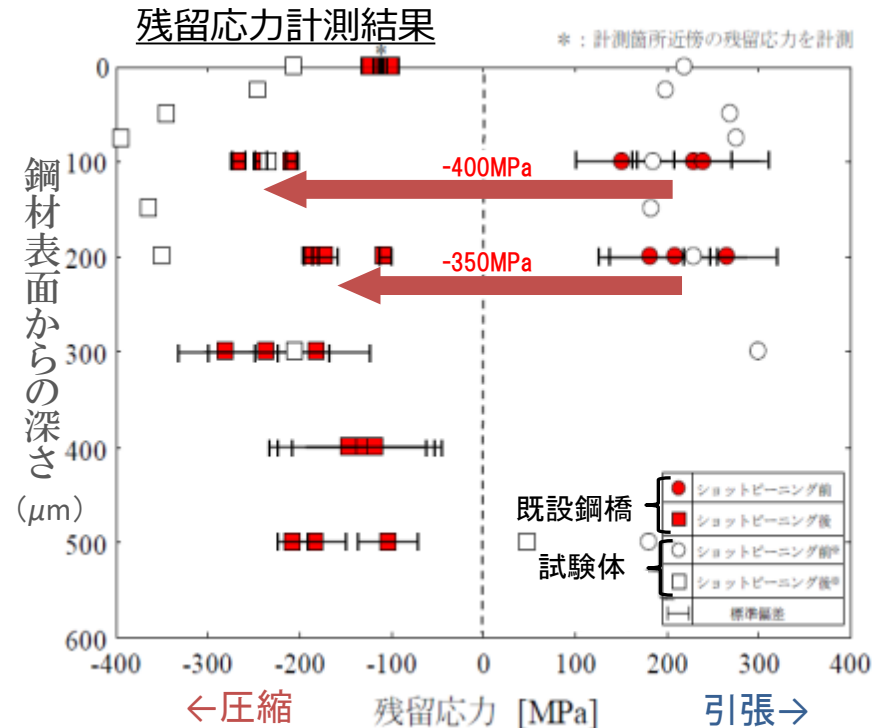
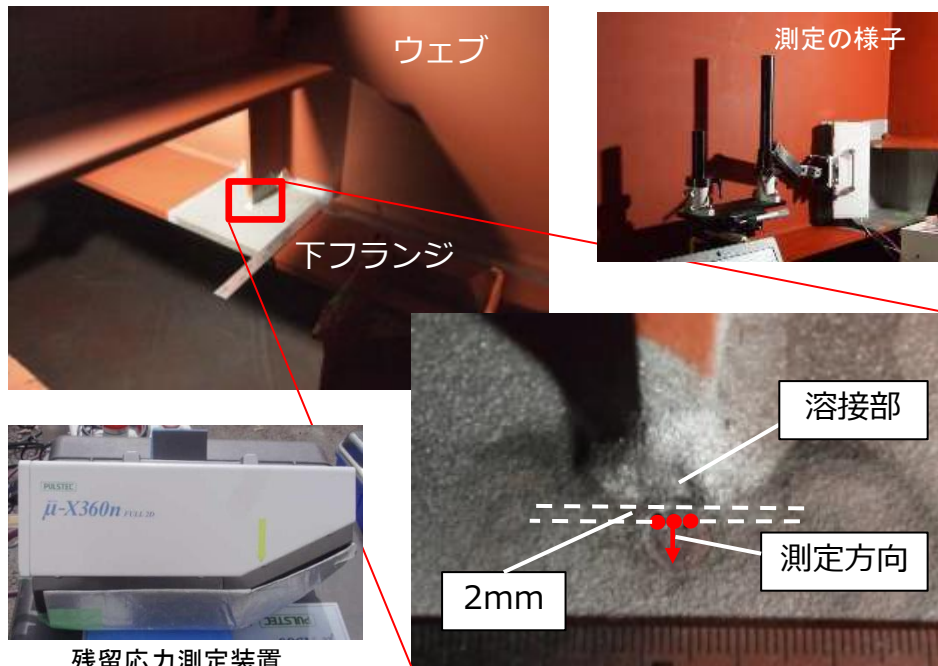
※ 木下ら, ショットピーニングによる溶接継手部の疲労強度向上効果, 鋼構造年次論文集第24巻, p673-677

循環式ショットピーニング工法の効果実証2

②既設鋼橋における残留応力計測結果

岐阜大学との共同研究で効果も実証済

測定位置



- ショットピーニング前と比較して、表層100μm深さで-400MPa, 表層200μm深さで-350MPa程度の**圧縮残留応力導入を確認**。
- 試験体での残留応力計測結果と同様の分布状況を確認。
→ **既設鋼橋でも疲労強度が2等級向上したと言える**。

※ 木下ら,既設鋼橋溶接部を対象としたショットピーニングの品質管理手法の提案, 土木学会年次学術講演会講演概要集第73回第1部門,p1-114,

循環式ショットピーニング工法施工要領

施工管理・出来形管理手法の確立により安定した品質を保ちます

3.4.1 施工前の管理項目

項 目	内 容	適用
洗 淨	施工面の油、汚れの除去	○
施工面外観	施工前の損傷部位等を確認	○
ノズル	噴射用ノズルに欠け摩耗がないことを目視により確認する。その後、ノズル内径が 8.0mm(±1.0mm)であることを、内径計測ゲージ又はノギスを使い確認する。	○
エア圧力	エア圧力の監視設定後、プラストタンクの圧力が、0.6MPa以上であることを確認する。	○
エア清浄度	噴射用エアに汚れないことを、白ウエスを使用して目視にて確認する。	○
投射材	投射材の種類(スチールショット JIS G 0951)及び、粒径(0.8mm～1.0mm)であることを、材料検査とゲージにて目視確認をする。	○
噴射量確認	噴射量が、7kg/分(±1.0kg)であることを確認する。	○
アークハイト測定	アルメンゲージを活用し、アークハイト測定を実施し、その数値(力)が 0.312mmA 以上であることを確認する。	○

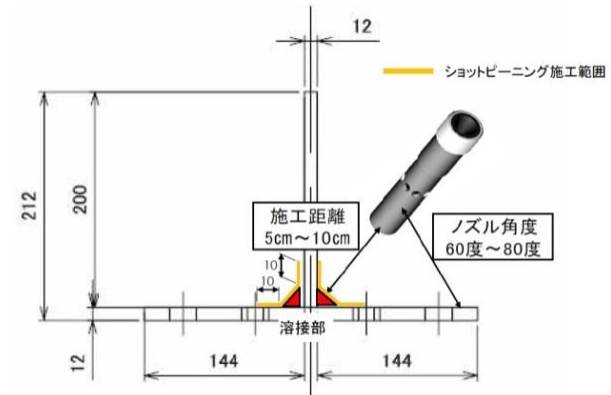
3.4.3 施工後の管理項目

項 目	内 容	適用
除錆度	プラスト規格にて使用する、ISO Sa - 2 - 1/2 以上であることを、拡大鏡(目視)を使用して、プラスト見本帳と見合わせ確認する。	○
カバレッジ判定	蛍光塗料とカバレッジチェッカーを使用し、カバレッジ 90%以上を確認し出来形を確認する。	○
表面粗さ測定	次工程に塗装作業となる為、ピーニング施工部位の代表箇所に対して、粗さ測定器を用いて、Rz JIS 80μm 以下であることを確認する。	○

3.5 ピーニングの施工範囲

ピーニング箇所については、疲労き裂の発生が懸念される溶接部に対して、溶接止端の延長方向両側に 10mm ずつ、幅方向両側に 10mm ずつを加えた範囲を基本としている。

施工前に「施工箇所図」を作成するものとする。そして、それに基づき「施工時間計算書」を作成する。



※図中の寸法は標準ガセット試験体のものである。

3.4.2 施工中の管理項目

項 目	内 容	適用
施工回数	蛍光塗料とカバレッジチェッカーを使用し、カバレッジ 90%以上を 2 回実施する。 尚、1 回目施工でカバレッジチェッカーを使用して、カバレッジ率 90%以上であることの確認がとれた後に、2 回目施工に移る。 2 回目施工完了後も、同様の確認を実施する。 なお蛍光塗料の色は 1 回目と 2 回目は異なる色を使用することとする。	○
施工時間	1 回の施工当たり 72 秒/1m として、各施工箇所の施工時間を算出し(「施工時間計算書」)管理する。	○
その他	施工前確認項目に、1 つでも異常が発生した場合は、直ちに作業を中止する。	○

※「循環式ショットピーニング工法施工要領」より抜粋

施工管理の具体例 1

施工前の管理



投射材: 種類(スチールショット JIS G 0951)の確認
粒径(0.8mm~1.0mm)の確認



ノズル: 欠け・摩耗が無い事の目視確認
内径(8.0mm±1.0mm)の確認



エア圧力: 監視設定後、
タンクの圧力(0.6MPa以上)の確認



アーケハイト測定: アルメンゲージにて
測定し数値(力)(0.312mmA)の確認

施工管理の具体例 2

施工中・施工後の管理

蛍光塗料塗布



塗布完了



ショットピーニング施行状況



ショットピーニング完了

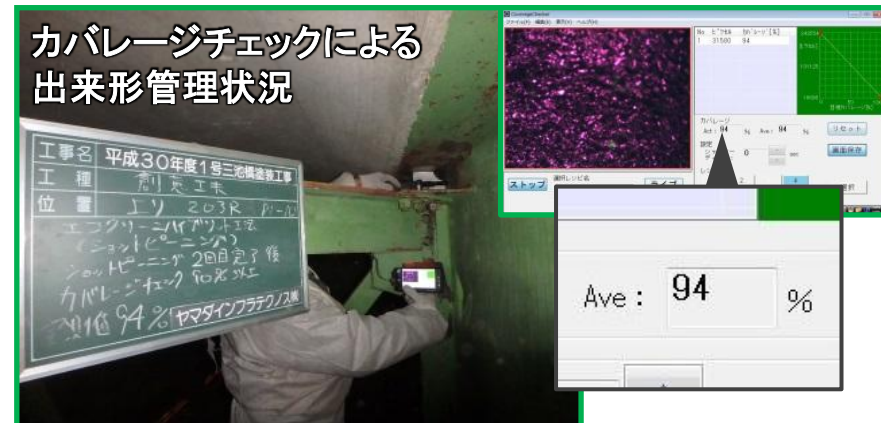


粗さ測定



粗さ(80 μ m以下)の確認

カバレッジチェックによる
出来形管理状況



カバレッジ(90%以上)の確認

※ カバレッジ90%以上を確認後、2回目のショットピーニングを行い、再度カバレッジ90%以上を確認する。

塗替塗装工程に組み込んだ予防保全型メンテナンス工程

現地工程や施工規模等により
施工順序を選択する

足場・防護設備設置

足場を架設し、研削材や粉じんの飛散防止のための防護設備を設置。ショットピーニング施工の際も併用し効果を発揮。

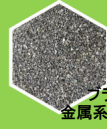


き裂があれば協議により、
事前に補修・補強対策を講じます。



1次ブラスト

特定粉じん作業のため、作業員は
エアライン装備にて施工を行う。



ブラスト用
金属系研削材



ショットピーニング

ブラストと同等な作業のため、
作業効率が良く、熱線度も不要。
狭隙部への施工も可能。



ピーニング用ショット



腐食対策工程

循環式ブラスト工法による素地調整＋
重防食塗装塗布（Rc-I 塗装系への塗替）

2次ブラスト （仕上げブラスト）

品質確認後、4時間以内に
防食下地を塗布



疲労強度向上工程

循環式ショットピーニング工法による
溶接止端部への圧縮残留応力付与

重防食塗装塗布

Rc-I 塗装系の塗布
（下塗り、中塗り、上塗り）



足場・防護設備解体

予防保全型メンテナンス
の工程完了



国内特許第6304901号／第6501718号

米国特許 US11959148 B2

韓国特許 10-2025-0019722

予防保全型メンテナンス工程のメリット

Rc-I 塗装系への塗替のメリット

高耐久性の重防食塗装を施すことで、それ以降簡易な塗替補修となり、その回数も減る ⇒ **LCCを大幅に削減**

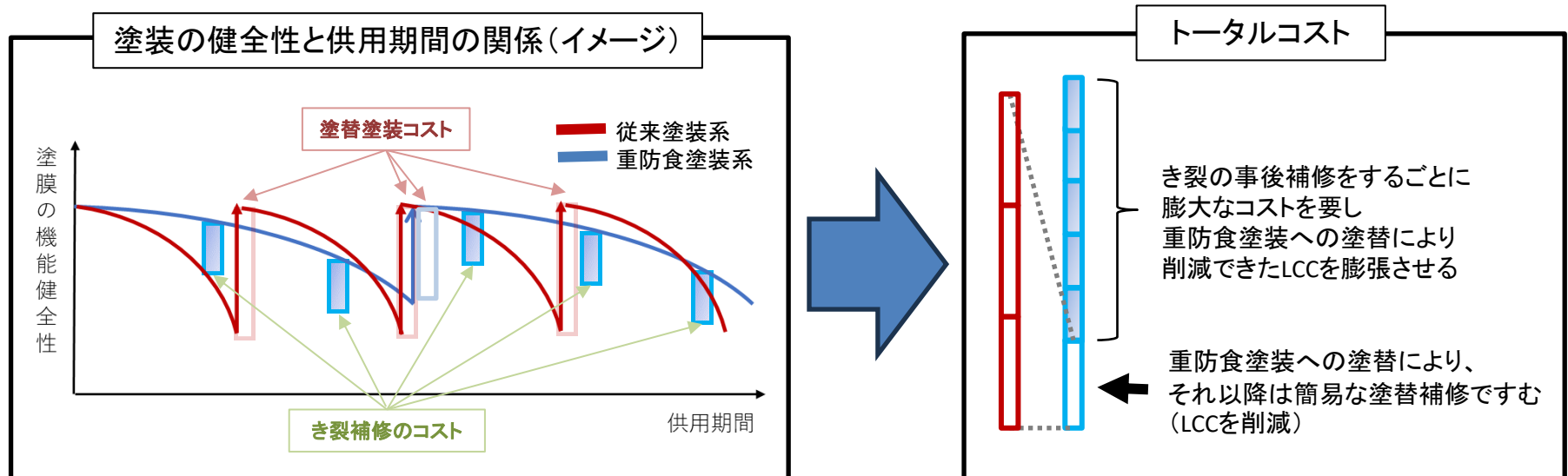
疲労き裂の事後保全を続けた場合

き裂補修を実施する都度、足場設置・撤去、塗膜除去・再塗装、膨大な補修費用等のコストが発生

- ・事後補修のたびに重防食塗装にて削減したLCCを再度膨張させる
- ・1度き裂が発生した橋は、今後、高頻度でき裂補修が必要となる可能性大 ⇒ **補修ごとにLCCが膨張**



塗替塗装の際に、最小限のコストで疲労き裂の予防保全を実施し、LCCの膨張を防ぐことが大切



既設鋼橋でのショットピーニング施工実績と採用事例

施工実績

2025年1月末現在

国土交通省案件: 14件
高速道路案件: 7件
地方自治体案件: 6件
民間: 1件
計 28件

主な施工箇所



国道23号 北頭高架橋
(名古屋市南区)



国道1号 静清高架橋
(静岡県清水区)



近畿自動車道松葉高架橋
(大阪府門真市)



河口湖大橋
(山梨県富士河口湖町)

採用事例

採用工事の特記仕様書抜粋

22-15 疲労き裂予防保全工

22-15-2 種別

疲労き裂予防保全工の単価表に示す種別は、次のとおりとする。

単価表の項目	区分内容	摘 要
疲労き裂予防保全工 A	G型疲労き裂における、芯出し素地調整工、鋼桁孔明工及びき裂のストップホール削孔、補強部材取付け部の塗膜研削、補強部材の製作・運搬・防錆・取付、HTB本締工を行うもの。	
疲労き裂予防保全工 B	G型疲労き裂における、芯出し素地調整工、鋼桁孔明工及びき裂のストップホール削孔、HTB本締工を行うもの。	
疲労き裂予防保全工 C	G型疲労き裂における、芯出し素地調整工、鋼桁孔明工及びき裂のストップホール削孔、スリット加工、HTB本締工を行うもの。	
疲労き裂予防保全工 D	き裂の発生していない溶接止端部にショットピーニングによる止端仕上工を施工し、疲労強度を向上させる予防対策と溶接止端部に発生した軽微な疲労き裂を除去する恒久対策を行うもの。 (固定足場施工：主桁面外ガセット接続部、対傾構取付け部)	

22-15-5 施工

疲労き裂予防保全工A、BおよびCの施工方法は、「設計要領第2集 橋梁保全編」3章「鋼構造物」2「疲労対策」の項目に準拠するものとする。

疲労き裂予防保全工Dの実施にあたっては、『エコクリーンハイブリッド工法施工要領』に準拠して行うものとし、管理については【施工前】【施工中】【施工後】毎に同要領に従うものとする。

【施工前】(キャリブレーション)

- (1) 洗浄、施工面の外観、噴射ノズルの確認
- (2) エアー圧力の確認
- (3) エアー清浄度の確認
- (4) 投射材、噴射量の確認
- (5) アークハイト測定の実施

*当時の名称「エコクリーンハイブリッド工法」で採用されています。

“ご清聴ありがとうございました”

屋外ブース
B-504で
お待ちしております



一般社団法人
日本鋼構造物循環式ブラスト技術協会

