

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

岐阜大学大学院 学生会員 ○小野友暉, 岐阜大学大学院 学生会員 阪野裕樹

岐阜大学 正会員 木下幸治, ヤマダインフラテクノス 正会員 山田翔平

ヤマダインフラテクノス (現場代理人) 西山裕也, 東洋精鋼株式会社 半田充

1. 背景と目的

ショットピーニングは、鋼材表面に無数のショット材を衝突させることにより表面に圧縮残留応力を導入させる処理である。直接的に溶接止端部を打撃するハンマーピーニングや超音波ピーニングに比べ、既に航空機関連の部品へ実用されているように、ショット材と投射方法等により品質管理が正確である点、並びに比較的広範囲の作業が容易である点は優位である。しかし、これまでに既設鋼橋への適用を想定した場合、投射材の飛散防止対策が大掛かりになることや、現場のショット材の回収が困難であったことから、工場内での施工に留まり、現場でのショットピーニングの適用は見送られていた。

既往研究¹⁾では、鋼橋の塗替塗装工事にショットピーニングを実施可能とする工法を開発し、既設鋼橋へのショットピーニングの処理を可能とした。この工法は、塗替塗装時に行うブラストと同様の設備(循環式エコクリーンブラスト工法)を使用し、塗装用研削材(スチールグリッド)からショットピーニング用ショットへ噴射材を変更して、更に、研掃材と剥離物を集積・分離再利用するブラスト機セパレートシステムをショットピーニング用に交換して、また、投射圧力・投射時間・投射距離・噴射量等を管理して、ショットピーニングを実施可能とするものである。そのため、既設鋼橋への実施が可能になったショットピーニングの疲労強度向上効果を明らかにすることを目的とし、面外ガセット溶接継手試験体を用いた板曲げ疲労試験を実施した。結果として、溶接止端部表層に導入された高い圧縮残留応力により、ショットピーニングによる2等級の疲労強度向上効果を確認した。

そこで本稿では、既往研究に引き続き、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を目的とし、特殊蛍光塗料を用いてピーニング施工部のカバレッジ率による品質管理を実施した。その上でこの品質管理手法に基づき施工されたショットピーニングの効果を、溶接止端部近傍の残留応力計測により検証した。

2. カバレッジによる品質管理手法

図-1に本研究で対象とした既設鋼橋溶接部を示す。異なる4ヶ所の溶接継手部を選定した。横桁連結ガセット端のまわし溶接部(No.1)、垂直スチーフナーフランジ溶接部(No.2)、フランジ首溶接部(No.3)、垂直スチーフナーフランジまわし溶接部(No.4)である。

図-2に特殊蛍光塗料を用いたカバレッジチェッカー測定手法を示す。既設鋼橋へのショットピーニングを想定した場合、塗装をブラストにて剥離し、その面にピーニングを行うため、塗装剥離によるブラストの打痕とピーニングによる打痕を識別できないといった品質管理上の問題点があった。そのため、本施工では、ピーニングを施工する領域に特殊蛍光塗料を塗布し、ピーニングによる特殊蛍光塗料の剥がれ具合を測定することで、カバレッジ率90%以上(施工回数2回)

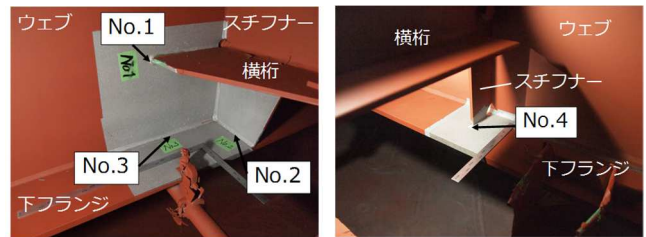
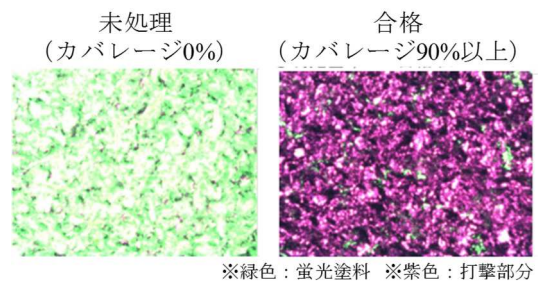


図-1 対象溶接継手 (No. 1, No. 2, No. 3, No. 4)



※緑色：蛍光塗料 ※紫色：打撃部分



図-2 特殊蛍光塗料を用いたカバレッジチェッカー



図-3 残留応力測定装置



図-4 残留応力測定手順

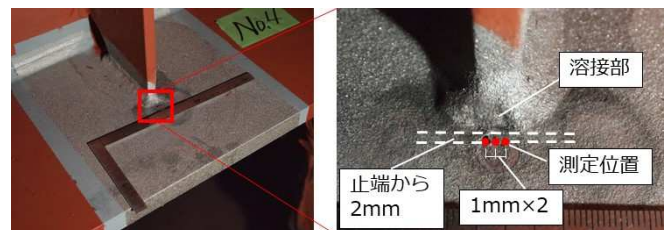


図-5 溶接部近傍の残留応力測定箇所

キーワード：ショットピーニング, 残留応力, 溶接継手

連絡先：〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部 社会基盤工学科 TEL：058-293-2424

を明確に管理し、満足しない場合は再度ピーニングを実施した。

3. 残留応力計測方法

次に、対象溶接継手に対して 2 章で述べた品質管理手法に基づき施工されたショットピーニングの効果を、X 線残留応力測定に基づき検証する。図-3 に残留応力測定装置を示す。残留応力の測定には、パルステック工業株式会社製のポータブル型 X 線残留応力測定装置 (μ -X360n) により行った。図-4 に残留応力の測定手順を示す。残留応力は、ベルトグラインダーによる酸化皮膜の除去後、電解研磨を行った後、計測を行った。ただし、ショットピーニング後における残留応力測定では、計測位置表面の酸化被膜は既に取り除かれているため、ベルトグラインダーによる表面処理を行わず直接または電解研磨を行った後に残留応力計測を実施した。図-5 に残留応力の計測位置を図中の四角形で示す。溶接線、またはまわし溶接部の母材側止端部から 2mm 離れた箇所を 1 か所につき 3 回計測を行った。特にショットピーニング後は、既往研究の結果と比較のため、計測位置 No.1 と No.4 では、板厚方向に 500 μ m 程度までの板厚方向の残留応力分布を電解研磨により随時計測した。計測位置 No.2 と No.3 では、100 μ m のみの計測である。また、溶接線またはまわし溶接部に対して直行する方向の応力成分の計測を実施した。

4. 残留応力計測結果

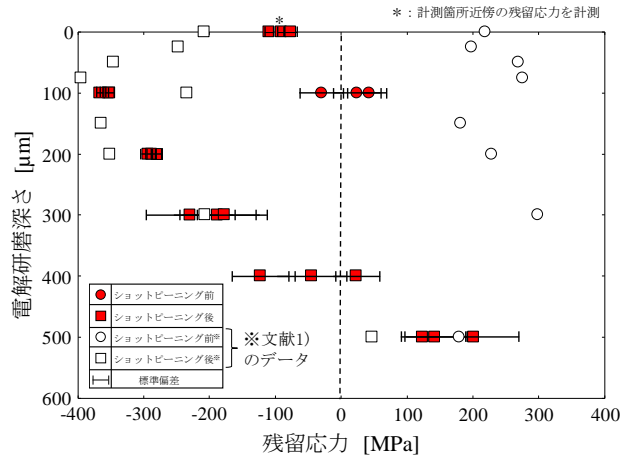
図-6 に各計測位置におけるショットピーニング前後の残留応力分布を示す。また、図-6(a), (b) 中には既往研究で行われた面外ガセット溶接継手試験体に対するショットピーニング前後の結果も併記した。図-6(a) に No.1 の計測結果を示す。ショットピーニングの前後の比較より、100 μ m の表層で 350MPa 程度の圧縮残留応力が導入され、表面から 400 μ m 程度の深さまで圧縮残留応力を保持していることが分かる。また、100 μ m の表層で最小となり、徐々に引張側にシフトしていくといった既往研究の分布形状と同様の傾向が示された。また、図-6(b) に No.4 の計測結果を示す。No.1 と同様に、100 μ m、さらには 200 μ m の表層で、400MPa 程度の圧縮残留応力の導入が確認された。図-6(c) に No.2 及び No.3 の残留応力計測結果を示す。No.1 及び No.4 で実施した 500 μ m 程度の深さまでの残留応力計測は実施していないが、100 μ m の表層では 400MPa 程度の圧縮残留応力が導入されていることから、既往研究と同様の効果は期待できるといえる。

5. 結論

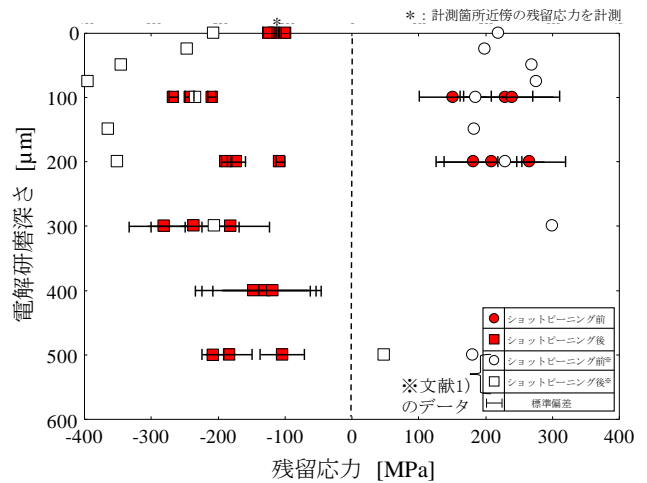
本施工の品質管理（既往論文での品質管理+カバレッジ率管理）に基づきショットピーニングを既設鋼橋溶接部に実施した結果、以下の結論が得られた。

- ✓ X 線残留応力測定装置を用いた残留応力測定結果から、ショットピーニング実施により、溶接部近傍に高い圧縮残留応力が導入されていることを確認できた。
- ✓ さらに表面のみならず、深さ方向に圧縮残留応力の導入が確認され、標準ガセット試験体を用いた既往研究の残留応力計測結果と比較しても同等の結果が得られた。

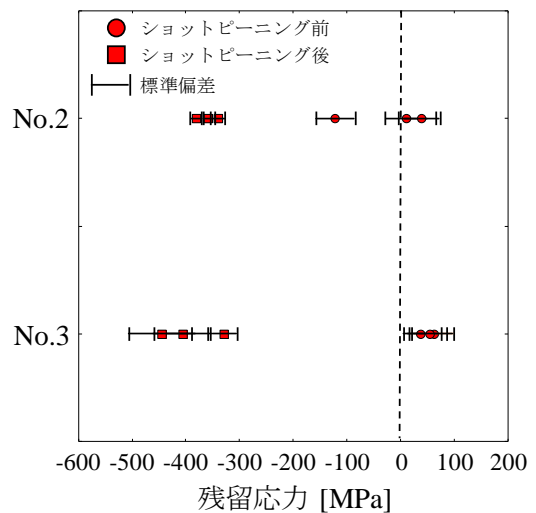
以上より、特殊蛍光塗料およびカバレッジチェッカーを用いたショットピーニング施工部のカバレッジ率



(a) No. 1



(b) No. 4



(c) No. 2 及び No. 3 (電解研磨深さ 100 μ m)

図-6 残留応力計測結果

90%以上（施工回数 2 回）を管理した結果、既往研究と同様の疲労強度向上効果が期待できるといえる。

<参考文献>

- 1) 木下幸治, 秋山竜馬, 山田翔平, 半田充: 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, Vol.24, No.97, pp.673-677.
- 2) エコクリーンハイブリット工法 施工計画書 溶接部の疲労耐久性向上 北頭高架橋 (6) 上り