

溶接継手の疲労強度に及ぼす溶射皮膜の影響

広島工業大学 正員 村中 昭典
アキワ建設コンサルタント（株）

広島工業大学 正員 皆田 理
館野 秀史

1. はじめに

腐食環境下に置かれる鋼構造部材の腐食、さらには溶接部の疲労寿命が溶射技術を用いて同時に改善し得るならば、鋼構造物の耐久性の向上と維持管理の省力化、効率化に寄与することができる。著者らは溶接止端部に引張残留応力を有する溶射皮膜を積層することにより溶接継手（ガセット継手）の疲労強度が向上することを報告した¹⁾。本研究は、溶射皮膜の防錆効果と疲労強度向上効果とを具備する有効かつ経済的溶射材の選定と溶射法を確立するために実施した一連の試験結果の報告である。

2. 溶射プロセスの選定

溶接継手に施す溶射材料は耐食性に優れた SUS316 を用いた。溶接継手への溶射に先立ち、鋼板(SM490Y、 $t=12\text{mm}$)に4種類の溶射方法、及び3種類の溶射ガンを用い、皮膜厚 0.3mm の溶射鋼板を作成し、微小範囲#型切り込み法を用いて溶射皮膜の残留応力を測定した。図-1に溶射方法による皮膜残留応力の測定結果を示す。同図より、ばらつきはあるがフレーム溶射法による皮膜が他の溶射方法に比して高い残留応力を発生することがわかる。図-2は溶射ガンによって発生する溶射皮膜の残留応力値を示す。同図より、皮膜残留応力は溶射ガン DJ9A が他の溶射ガンより高い残留応力を発生することがわかった。以上の結果より、溶接継手に施す溶射はフレーム溶射法を用い、溶射ガンには、結合力・皮膜硬度耐久性等の面に優れている DJ9A を用いることにした。

3. 疲労試験

(1)試験要領 溶接継手を用い、溶射皮膜残留応力が疲労強度に及ぼす影響について実験的検討を行った。図-3に供試体の形状・寸法を示す。使用鋼板は SM490Y ($\sigma_y=421\text{MPa}$ 、 $\sigma_B=539\text{MPa}$ 、 $EL.=23\%$)である。継手部の溶射は溶射材料に SUS316 ($\sigma_y=205\text{MPa}$ 、 $\sigma_B=520\text{MPa}$ 、 $EL.=40\%$)を用い、皮膜厚さ 0.3mm を目標に施工した。図に示す薄墨部が溶射領域を示す。疲労試験は周波数 8 Hz とする完全片振り引張荷重で実施した。

(2)疲労試験結果及び考察 疲労試験に先立ち、溶接止端部における溶射皮膜の残留応力を微小範囲#型切り込み法によって測定した結果を図-4に示す。同図より、SUS316 皮膜の残留応力はガセット継手の疲労強度の上昇に対して効果が認められた WC-12%Co 皮膜¹⁾と同等程度以上の残留応力を有することがわかる。図-5に溶接継手の S-N_f曲線を示す。図中には JSSC 疲労設計基準 S-N 線、並びに既往の研究結果¹⁾を併記している。同図より、SUS316 溶射皮膜を施した継手の 200 万回疲労強度は Non-sprayed のそれに比して約 71% 程度向上する。これは図中に併記している WC-12%Co 溶射皮膜の 200 万回疲労強度と同等程度の値を示し、

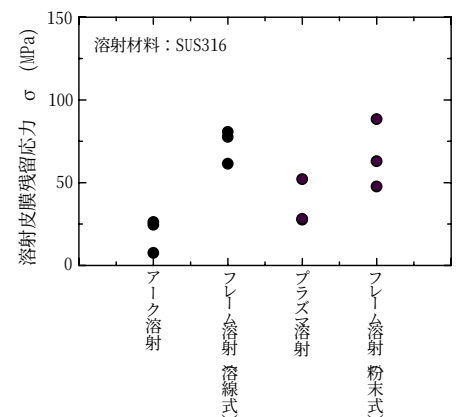


図-1 溶射方法による残留応力値

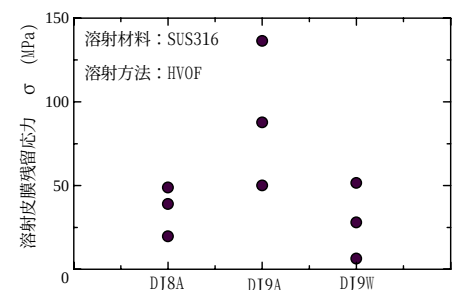


図-2 溶射ガンによる残留応力値

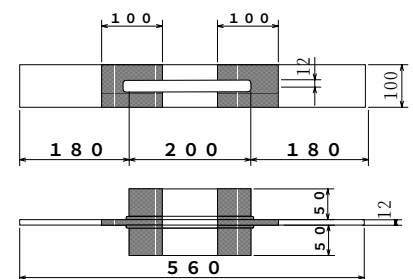


図-3 供試体の形状・寸法

キーワード：溶射、疲労、溶接継手、残留応力

連絡先：広島工業大学 工学部 建設工学科 〒731-5193 広島市佐伯区三宅 2-1-1

TEL082-921-3121 FAX082-921-8976 E-mail:mura@cc.it-hiroshima.ac.jp

ほぼB～C 等級レベルの疲労強度まで向上する。溶射した溶接継手の疲労寿命の向上要因は溶射皮膜に生じた引張残留応力の影響が大きいものと考えられる。

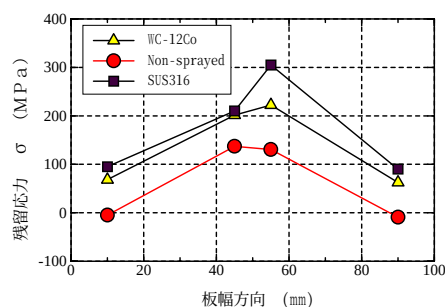
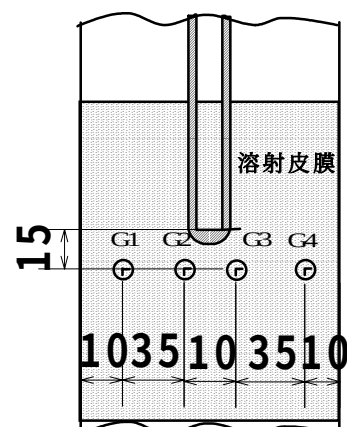
(3) FEM解析 溶射皮膜に発生する残留応力の発生機構は複雑であるが、ここでは溶射材料が溶融、凝固することによって生じるものとして熱応力解析を行い皮膜形成による継手の残留応力の分布状態を求めた。図－6 に解析モデルを示す。解析プログラムには NASTRAN を使用し、微小変形理論に基づく線形静解析で行った。材料特性は、溶射皮膜、及び母材の弾性係数を $193(\text{KN}/\text{mm}^2)$ 、及び $206(\text{KN}/\text{mm}^2)$ とし、熱膨張係数はそれぞれ $8.5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 、及び $15.6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 、ポアソン比は 0.3 とした。図－7 に溶接止端部の板厚方向の残留応力分布を示す。同図中には実験より求めた残留応力値を併記している。図に見られるように、解析値と実験結果とは比較的よい傾向の一致を示している。溶接止端部の溶射皮膜には引張残留応力が発生し、それによって、基材表面に約 30MPa 程度の圧縮残留応力が発生していることがわかる。このことより、引張残留応力を有する溶射皮膜の積層は、溶接継手の疲労寿命向上させる一要因となるものと推定される。なお、溶射皮膜が有する残留応力は皮膜に割れが生じない応力領域においては繰り返し回数にかかわらず ($N < 200$ 万回) 消失しないことを確認している。

4. まとめ

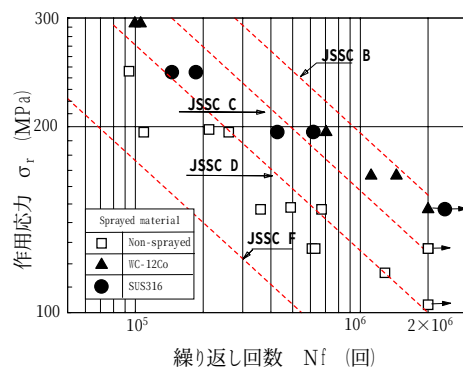
本研究では、溶射した溶接継手の皮膜残留応力が継手疲労強度に及ぼす影響について実験的、並びに解析的検討を行った。本研究の範囲において、溶接継手の疲労強度向上のための溶射プロセスとしてはフレーム溶射法、溶射ガンは DJ (空冷式) が有効であった。防錆対策を考慮して使用した溶射材料 SUS316 でも引張残留皮膜を施せば溶接継手の疲労強度を向上させ得る。また、溶射皮膜の形成によって生ずる継手の残留応力分布を熱応力解析によって求めたが、溶射皮膜の形成過程は複雑であり、今後更に検討を加えることが必要と思われる。

【参考文献】

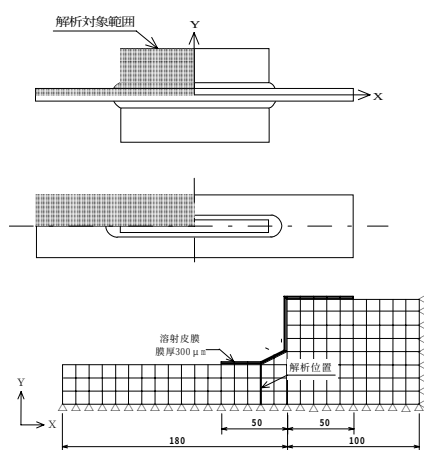
1) 村中、皆田、重村：溶接継手の疲労強度に及ぼす表目改質の効果、第 56 回年次学術講演会、I-B174、PP.349-350、平成 13 年 10 月。



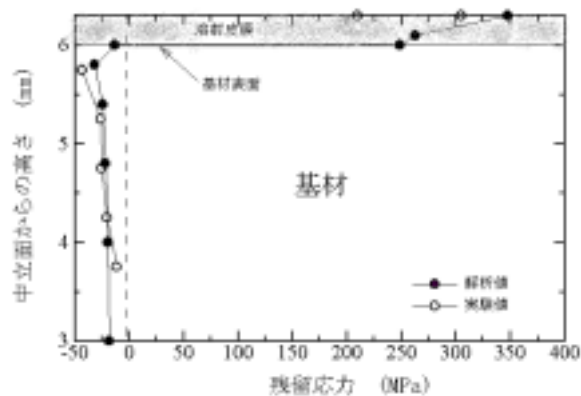
図－4 残留応力測定結果



図－5 溶接継手の S-N_f 関係



図－6 解析モデル



図－7 溶接継手板厚方向の残留応力分布