

第 I 部門

13Cr 鋼溶射皮膜の形成が鋼部材の疲労強度に及ぼす影響についての研究

大阪大学大学院 学生員 ○清水 健太
大阪大学大学院 正会員 鎌田 敏郎

大阪大学大学院 正会員 大西 弘志
大阪工業大学 フェロー 松井 繁之

1. 研究の目的

金属溶射とは、粉末、またはワイヤー状の材料を高温のガスを用いて溶融して物体表面に吹き付けて皮膜を形成する技術である。この技術は土木構造物においては鋼橋の防食に用いられるなどして、適用例が徐々に増えつつある技術であるが、皮膜を形成する材料の選択自由度の高さから、他の用途への利用の可能性も広くあると考えられる。これまでも、13Cr 鋼溶射皮膜を溶接部に形成することで疲労損傷の発生を防止できる可能性について検討された例などがある。しかし、金属溶射皮膜は内部に空隙を含むことから、形成された皮膜の性質は溶射材料のそれとは大きく異なるものと考えられるが、このことに着目した検討例は多くない。そこで本研究においては、13Cr 鋼溶射皮膜を表面に形成した鋼材試験片について、静的荷重試験の結果から溶射皮膜形成が鋼材に及ぼす影響と皮膜自体の性質について検討を行った。そして疲労試験を行い、溶射施工途中で行われるブラスト加工による影響も含めて疲労寿命向上度の大きさとその要因について検討を行った。

2. 静的荷重作用下での効果についての検討

鋼材上に溶射皮膜を形成した試験片を製作し、荷重試験を行った。同時に無加工の試験片も荷重試験を実施し、鋼材発生ひずみの大きさを比較することで、溶射皮膜形成の効果を明らかにした。

試験片は図-1 に示す JIS1 号試験片であり、端部の R 部を含めた中央 260mm の範囲に溶射皮膜を形成した。溶射皮膜厚さは 0.5mm、1.5mm の 2 種類とし、皮膜厚さの違いによる効果について検討することとした。

試験結果の例を図-2 に示す。無加工鋼材に比べて、溶射皮膜を形成した鋼材の曲線の傾きが大きく、単位荷重増加に対する鋼材ひずみの増加量が小さいことが分かる。この変化は溶射皮膜形成によってもたらされたものであると考えられる。ただし、この傾きの変化は 0.5mm 溶射、1.5mm 溶射でそれぞれ 3%、10%程度とごく小さい。別途行ったはく離した 13Cr 鋼溶射皮膜単体の 3 点曲げ試験から、そのヤング率は約 35GPa と推定され、静的荷重作用下における溶射皮膜形成の効果が小さい要因と言える。

また、複数回の荷重繰返しなどを通じて 13Cr 鋼溶射皮膜の鋼材への付着が保たれる鋼材ひずみの大きさは約 $1400\mu\epsilon$ 程度までであることが確認された。

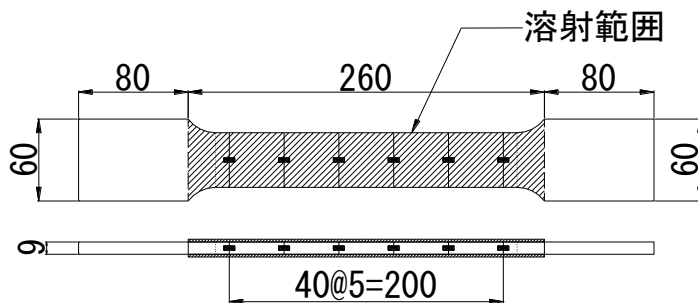


図-1 試験片概要

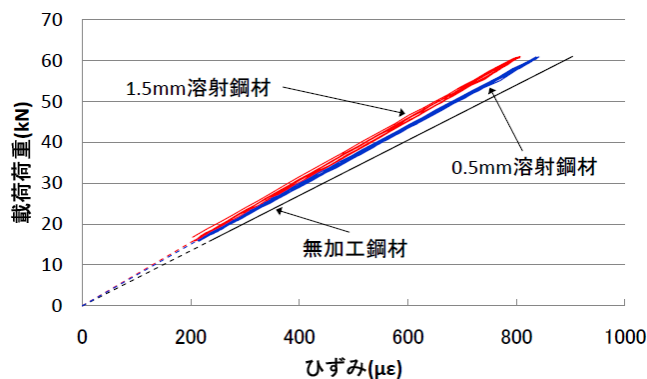


図-2 静的試験結果の一例

キーワード 13Cr 鋼溶射 鋼材応力低減 隅肉溶接止端 形状改善 疲労寿命

連絡先 〒565-0871 吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科 地球総合工学専攻

3. 疲労試験

隅肉溶接止端部からの疲労亀裂発生に対して、13Cr 鋼溶射皮膜形成による疲労寿命の変化について検討を行うため、疲労試験を行った。母材、添接板ともに板厚 6mm、溶接サイズ 4mm の T 型隅肉溶接継手について表面にブラスト加工、又は母材上における厚さ 0.5mm の溶射皮膜を形成した試験片を製作した。試験片概要を図-3 に示す。試験は添接板溶接面が引張となる繰り返し曲げ疲労試験とし、溶接だけ行った試験片の試験結果と比較して疲労寿命の延びについて検討することとした。

試験結果を図-4 に示す。無加工試験片に比べてブラスト試験片の疲労寿命は改善することが分かり、0.5mm 溶射試験片では更に疲労寿命が延び、無加工試験片に比べて 4 倍程度に疲労寿命が延びている。

試験片の種別ごとの疲労寿命向上度について検討を行うため、疲労試験前に試験片表面の形状測定を行った。これから、溶接止端部における最少曲率半径の大きさは、溶接ままの状態では 0.05mm 前後であったものが、ブラスト施工、溶射皮膜形成により 0.2mm~0.4mm 程度に変化することが確認された。この結果を基に作成した解析モデルについて汎用解析プログラム Marc2005 を用いて曲げ荷重作用下における発生応力の大きさの比較検討を行った。解析モデルの概要を図-5 に示す。解析結果から、溶接止端における応力集中係数の大きさについて検討を行ったところ、図-6 に示す通り溶接止端の曲率半径の大きさの変化により 40%程度、さらに溶射皮膜の有無により 30%程度の減少することが分かった。溶射皮膜の有無による差については、1,000 万回以下で破壊に至った試験片の疲労寿命の平均値とは良い整合を示しており、溶射皮膜形成の効果が試験結果にも現われたと考えられる。また、ブラスト施工の効果についても、表面形状の改善による効果が疲労寿命の延びとなって現われていると考えられるが、载荷回数が 1,000 万回を超えた試験片があることなどから、解析結果よりもさらに大きな寿命の延びがあると考えられる。

4. 結論

13Cr 鋼溶射皮膜形成により、静的荷重作用下において鋼材発生応力が低減され、溶接部の疲労寿命が延びることが分かった。疲労寿命の延びは、溶射施工途中における形状変化などが重複して効果を及ぼす結果であると考えられる。

なお、本研究を行うに当たっては株式会社フジエンジニアリング 杵本正信氏、山田金属防触株式会社様に多大なご支援をいただきました。ここに感謝の意を表します。

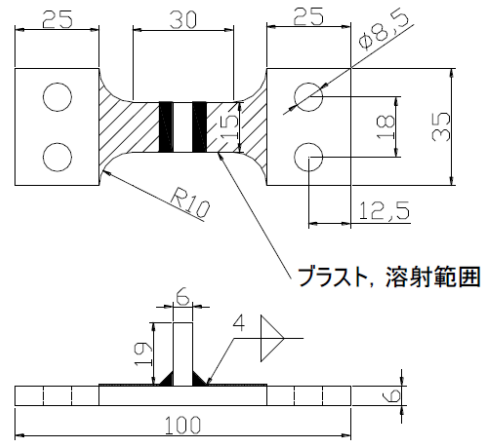


図-3 T型隅肉溶接継手疲労試験片

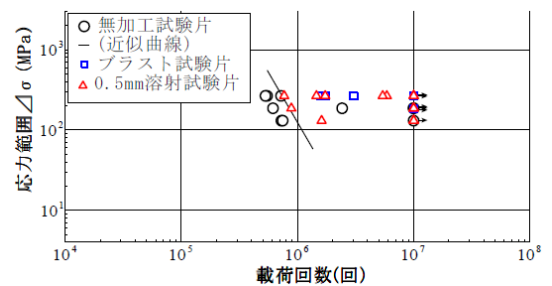


図-4 疲労試験結果

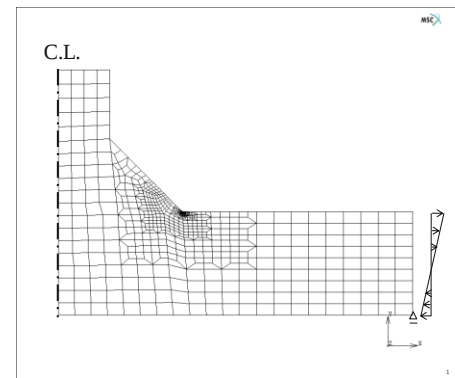


図-5 隅肉溶接止端部再現解析モデル

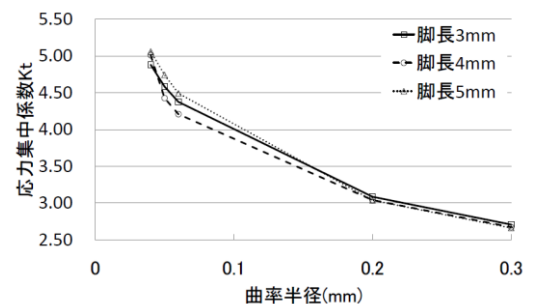


図-6 溶接止端半径と応力集中係数の関係