

特殊金属皮膜生成技術による溶接継手の疲労強度向上に関する検討

横河ブリッジホールディングス 正会員 ○曾我麻衣子
 横河ブリッジホールディングス 正会員 井口 進
 横河ブリッジ 正会員 清川 昇悟

1. はじめに

特殊金属皮膜生成技術 (Smart ZIC : 以下, SZ) は, 亜鉛とアルミナの粉末を融点以下の温度で加熱し, 超音速で基材に吹き付けて皮膜を形成する低压コールドスプレー技術に応用した工法である. 筆者らは, 主に防食性の向上を目的として, 高力ボルト継手部への SZ 工法の適用を検討してきた¹⁾. 一方, SZ 工法で使用するアルミナ粉末は硬度が高く, プラスト作用により基材に圧縮残留応力を導入することが期待できる. そこで, 溶接止端部に SZ 工法を適用することにより, 溶接による引張残留応力を低減させ, 継手部の疲労強度を向上させようのではないかと考えた.

本文では, 特に疲労強度が低く, 疲労損傷が生じやすいとされている面外ガセット継手を対象として, 溶接部の疲労強度改善技術としての SZ 工法の可能性について検討した結果を報告する.

2. 試験体と実験ケース

試験体は図-1 に寸法を示す面外ガセット継手試験体である. 本検討では次の3つの検討を行った.

- ①SZ 工法のき裂進展抑制効果 (A シリーズ)
- ②SZ 施工時の負荷による影響 (B シリーズ)
- ③溶接形状による影響 (C シリーズ)

また, SZ 施工をしない溶接ままの D シリーズ (As-weld) も行った. 実験ケースを表-1 に示す. 表-1 に示す SZ 施工時の負荷は, SZ 施

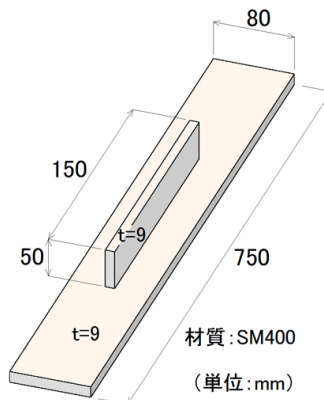


図-1 試験体の寸法

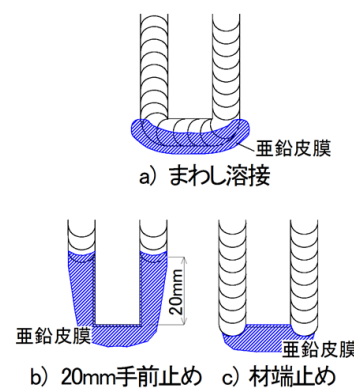


図-2 SZ 施工範囲

表-1 実験ケース

試験シリーズ	No.	ガセット端部形状	SZ施工時期	SZ施工時の負荷	応力範囲 (N/mm ²)	最大応力 (N/mm ²)	き裂発生状況
Aシリーズ (SZ工法のき裂進展抑制効果)	1		き裂発生後に施工	1.00	150	187.5	
	2			1.00	100	125.0	
Bシリーズ (SZ施工時の負荷による影響)	1		載荷前	1.00	150	187.5	
	2			1.00	100	125.0	
	3			0.75	150	187.5	
	4			0.57	150	187.5	
	5			0.00	150	187.5	
Cシリーズ (溶接形状による影響)	1		載荷前	1.00	150	187.5	
	2			1.00	100	125.0	
	3			0.57	150	187.5	
	4			0.00	150	187.5	
Dシリーズ (溶接まま)	1		なし	-	150	187.5	
	2			-	100	125.0	
	3			-	100	125.0	
	4			-	150	187.5	

キーワード: コールドスプレー, 面外ガセット溶接継手, 疲労強度
 連絡先: 〒261-0002 千葉県千葉市美浜区新港 88 番 (株)横河ブリッジホールディングス TEL 043-247-8411

工時の応力を上限応力で除した値を示す。ガセット端部形状で示す矢印は、溶接方向を示す。

A シリーズは、既設橋に発生した疲労き裂の応急補修として利用することを想定したケースである。溶接ままの疲労試験を実施し、溶接止端から母材まで疲労き裂を進展させた後、き裂をSZ工法で生成した亜鉛皮膜で塞いだ。その後、再度疲労試験を行った。B シリーズは、疲労き裂の予防保全として溶接止端部にSZ工法を適用することを想定したケースである。SZ施工時の負荷を作用応力の上限(100%)、75%、57%、0%(無負荷)とした。C シリーズは、溶接形状の比較としてまわし溶接をしないディテールである。材端部で溶接を止めたものと、材端部から20mm手前で溶接を止めたものの2種類を用いた。この形状は通常のまわし溶接に比べて疲労強度が高いことは知られている²⁾が、材片の組合せ部の防錆対策が問題となり実際の橋梁では適用されていない。そこで、材片の組合せ部をSZによる亜鉛皮膜で塞いで防錆対策とすることで、実橋梁への適用を狙ったケースである。

疲労試験は、500kN電気油圧式疲労試験機を用いて、応力比R=0.2で表-1に示す応力範囲となるように行った。繰り返し周波数は10Hzとした。また、SZの施工は、図-2に示す範囲に亜鉛とアルミナの混合粉体(重量比率Zn:Al₂O₃=50:50)を吹き付けた。

3. 疲労試験結果

疲労試験の結果をS-N線図として図-3に示す。図の横軸は試験体が破断した際の繰り返し回数である。また、図にはJSSCの疲労強度等級も示している。図-3 a)より、疲労き裂部へSZ工法を適用しても、As-weldとほぼ同じ疲労強度となっており、SZ工法による疲労き裂進展抑制効果はみられなかった。これは、SZの粉体がき裂内部まで充填せず、くさび効果が得られなかったためと考えられる。図-3 b)に、SZ施工時の負荷による影響を示す。疲労試験を行う上限応力でSZ施工を行った場合、As-weldと比べて2~3等級程度の疲労強度向上の効果がみられた。SZ施工時の負荷が上限応力に達しない場合では、As-weldとほぼ同じ疲労強度となり、疲労強度向上の効果は認められなかった。これは、SZ工法によって導入された圧縮残留応力が上限応力作用時に消失するためと考えられる。図-3 c)に、溶接形状による比較を示す。既存のデータ²⁾と同様に、まわし溶接をしない場合は、まわし溶接がある場合に比べて1等級程度疲労強度が高いことが確認できた。まわし溶接部に発生する応力集中が、ガセットをはさむ左右の溶接端部に二分されることによって緩和されたためと考えられる。溶接を材端で止めたものと、20mm手前で止めたものの疲労強度に有意差は認められなかった。これらの継手にSZ施工を行っても、疲労強度はほぼ同程度であった。また、き裂発生までSZ施工部の開口はなかった。これより、材片の組合せ部の防錆対策としてSZ工法を利用できる可能性があるといえる。

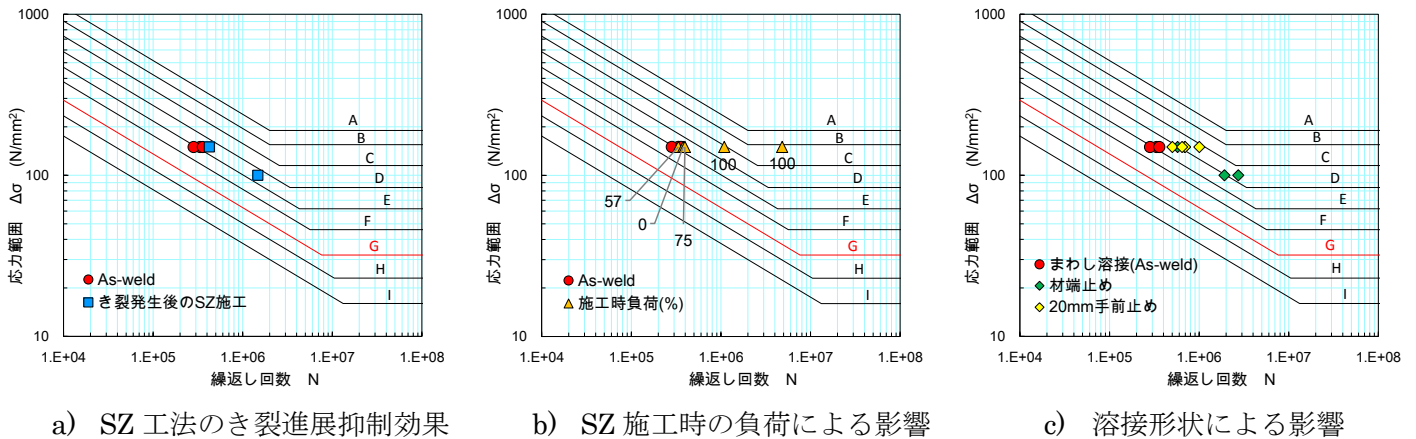


図-3 疲労試験結果

4. まとめ

面外ガセット継手を対象として、溶接部へSZ工法を適用し疲労試験を行った。主な結果は以下の通りである。(1)SZ工法のき裂進展抑制効果は認められなかった。(2)疲労試験を行う上限応力である最大引張でSZ施工を行った場合のみ、疲労強度向上の効果がみられた。(3)まわし溶接をしない場合、疲労強度はまわし溶接と比較して向上した。SZ工法を行った場合でも同程度の向上が確認できた。

参考文献

1) 井口・清川・木村・下里：特殊金属皮膜生成技術のボルト継手部塗装への適用，土木学会第69回年次学術講演会，I-567，pp.1133-1134，2014.9
 2) 名取・深沢・寺田・寺尾：面外曲げを受けるすみ肉まわし溶接部の疲労強度，横河橋梁技報，No.19，pp.37-45，1990.1