

エポキシ樹脂を用いたすみ肉溶接の寿命延伸策に関する実験的研究

大阪工業大学工学部 ○吉川 紀
(株)横河ブリッジ 石井博典
ショーボンド建設(株) 加藤暢彦

北海道開発局 田中正善
大阪工業大学工学部 関真利子

1. はじめに

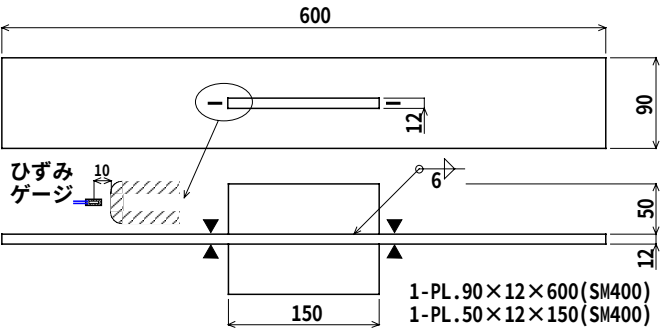
近年，土木構造物の損傷事例として，標識柱や照明柱の基部に取り付けられたリブ（面外ガセット継手）のすみ肉溶接止端部より疲労亀裂が発生する事例が報告されている．これらの位置は，①閉断面であることから高力ボルトによる補強材の取付が不可能である，②常時の振動が大きい溶接による補強材の取付が困難である，などから，有効な補強方法が確立されていないのが実状である．ここでは，土木構造物に使用実績のあるエポキシ樹脂を用いた簡便な補強方法について実験的な検討を実施した．

2. 実験概要

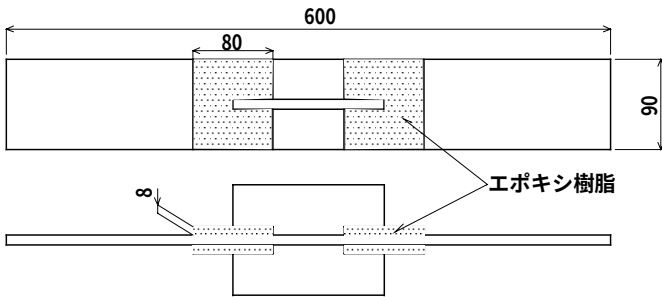
試験体の概要を図－1に示す．試験体は，対象位置を考慮した面外ガセットの引張試験体とした．試験体は全部で10体とし，表－1に示すように3体を溶接試験体，残りの7体を樹脂補強試験体とした．補強方法の概要を図－2に示す．使用した樹脂は4種類，いずれも2液性エポキシ樹脂である．樹脂の諸元の一例（FC01）を表－2に示す．回し溶接止端部の応力集中を緩和することを目的として，溶接止端部近傍に樹脂を塗布した．樹脂の塗布範囲は，回し溶接部を中心として軸方向に80mm，幅方向は全幅，すみ肉溶接脚長が6mmであることを考慮して厚さは8mmとした．樹脂塗布前の鋼材の素地調整方法は，1種ケレン（ブラスト処理）と2種ケレン（動力工具処理）の2通りとした．供試体には図－1中に示す位置にひずみゲージを貼付し，溶接部近傍のひずみを測定した．また，ホットスポット応力を確認するため，各供試体1カ所については応力集中ゲージを貼付した．静的載荷試験終了後，疲労試験を実施した．疲労試験は，下限荷重を10kN，上限荷重120kN，荷重範囲110kN（公称応力範囲102N/mm²）とした片振り試験とした．この条件で500万回まで疲労試験を実施し，疲労亀裂が発生しない試験体については，その後荷重を1.5倍として疲労試験を続行した．

3. 静的載荷試験結果

静的試験結果を表－3に示す．溶接部より10mmの位置では応力集中により公称応力値（102N/mm²）の約1.2倍程度の応力が発生している．樹脂補強試験体では，溶接試験体と比較して溶接止端部応力は若干減少する傾向は見られるものの，その効果はごく僅かであった．また，樹脂の違いによる顕著な差は見られなかった．ホットスポット応力の測定結果の一例（TP



図－1 試験体概要



図－2 補強方法の概要

表－1 試験体概要

		樹脂の種類	素地調整方法
TP1	溶接継手	—	—
TP2	溶接継手	—	—
TP3	溶接継手	—	—
TP4	樹脂補強	FC01	ブラスト
TP5	樹脂補強	FC01	ブラスト
TP6	樹脂補強	FC01	動力工具
TP7	樹脂補強	WBグラウト	ブラスト
TP8	樹脂補強	WBグラウト	動力工具
TP9	樹脂補強	2003 ^{※1}	ブラスト
TP10	樹脂補強	2084 ^{※1}	ブラスト

表－2 接着材諸元の一例(FC01)

項目	単位	規格
比重	—	1.70±0.10
曲げ強さ	N/mm ²	35以上
圧縮降伏強さ	N/mm ²	55以上
圧縮弾性率	N/mm ²	3.0～7.0×10 ⁵
引張強さ	N/mm ²	15以上
衝撃強さ	N/mm ²	1.5以上
硬さ	HDD	80以上
引張せん断接着強さ	N/mm ²	12以上

Key Word：すみ肉溶接，樹脂，疲労試験

〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1 大阪工業大学 工学部 都市デザイン工学科 橋梁研究室
Tel/Fax：06-6954-3315

4のエポキシ樹脂塗布前後)を図-3に示す。ここで、溶接止端部におけるホットスポット応力は、溶接止端より4mmの位置と10mmの位置の測定応力から外挿して求めた。樹脂塗布前後で差は見られず、塗布前後ともホットスポット応力は 151N/mm^2 であった。これは、樹脂の弾性係数($3.0\sim 7.0\times 10^3\text{N/mm}^2$)が鋼の弾性係数($2.0\times 10^3\text{N/mm}^2$)の $1/30\sim 1/70$ 程度と小さいため、剛性の向上効果が小さいことが原因であると考えられる。

4. 疲労試験結果

疲労試験結果を表-4と図-4に示す。ここで、①試験体の素地調整方法が疲労強度に影響すること、②前述したように樹脂の違いによる応力低減効果の差は小さかったこと、から、図-4は素地調整方法別にまとめた。素地調整を2種ケレンとした場合、疲労寿命は溶接試験体と比較して延長する傾向が見られるものの、その量は僅かであった。これは前述したように、樹脂の剛性が小さく溶接止端部の応力低減効果が小さいためであると考えられる。一方、素地調整方法をブラストとした場合、試験体によっては著しく疲労寿命が向上しているものも見られる。溶接部の発生応力がそれほど変わらないのに疲労寿命が延伸する理由は定かではないが、①研削材吹きつけによる圧縮残留応力の導入、②ブラストによる溶接止端形状の改善、などが考えられる。

表-3 静的載荷試験結果

		応力※ N/mm^2	TP1との 応力比
TP1	溶接継手	116.9	1.00
TP2	溶接継手	120.6	1.03
TP3	溶接継手	119.1	1.02
TP4	樹脂補強	113.7	0.97
TP5	樹脂補強	111.2	0.95
TP6	樹脂補強	112.1	0.96
TP7	樹脂補強	116.3	1.00
TP8	樹脂補強	116.2	0.99
TP9	樹脂補強	114.2	0.98
TP10	樹脂補強	113.8	0.97

※ 4箇所の平均値

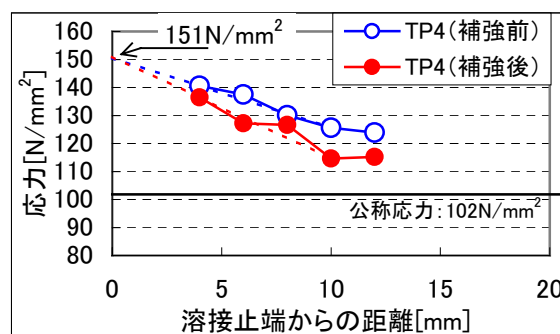
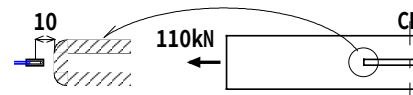


図-3 ホットスポット応力測定結果例

表-4 疲労試験結果

	素地調整 方法	公称 応力範囲 N/mm^2	破断 繰返し数
TP1	溶接継手	—	894,563
TP2	溶接継手	—	1,413,860
TP3	溶接継手	—	2,332,514
TP4	樹脂補強	ブラスト	2,168,854
TP5	樹脂補強	ブラスト	3,365,476
TP6	樹脂補強	動力工具	2,637,579
TP7	樹脂補強	ブラスト	5,000,000*
		153.0	718,287
TP8	樹脂補強	動力工具	2,404,396
TP9	樹脂補強	ブラスト	5,000,000*
		153.0	1,679,876
TP10	樹脂補強	ブラスト	5,000,000*
		153.0	1,126,155

※破断しなかったため荷重1.5倍

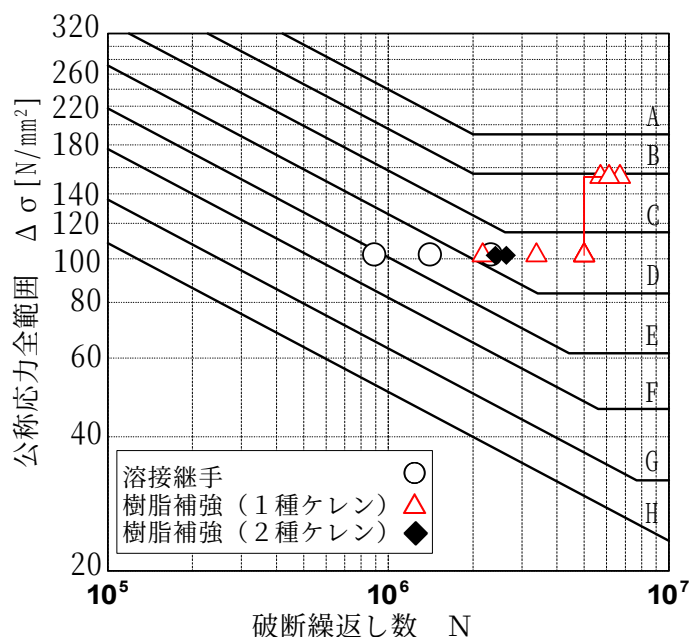


図-4 疲労試験結果

5. まとめ

この実験により、①樹脂補強により疲労寿命が向上する傾向が見られ、応急処置などに適用可能であること、②原因は定かではないが、ブラストにより疲労強度が向上する可能性があること、がわかった。特にブラストによる効果については今後、さらなる検討を加え、その疲労強度向上効果を明らかにする必要があると考えられる。なお、今回の実験において、2種類のエポキシ樹脂（TP9、TP10）は（株）スリーボンドより提供頂きました。ここに記して謝辞いたします。