

大阪大学溶接工学研究所 正員 ○堀川 浩甫
同 上 正員 鈴木 博之

1. はじめに 鋼橋に疲労亀裂が発生したり、耐荷力不足を生じている例が報告されている。鋼橋に補修・補強を施すとき、多くの場合は高力ボルトを用いており、溶接による場合には仮支点を設けたり、交通規制をして応力を除去した後、施工することが多い。これは応力作用下における溶接に関する研究が未だ必ずしも充分でないためである。そこで本研究では引張応力作用下で溶接された継手の機械的性質および残留応力分布ならびに疲労亀裂補修部の疲労強度について検討した。

2. 引張試験および衝撃試験 供試材は板厚6mmのSM41Bであり、試験溶接継手の形状を図-1に示す。溶接は作用応力に直角とし、溶接部には深さ2mm、幅5mm、長さ100mmの溝加工を施した。応力の負荷は荷重制御で行い、 $\sigma = 140 \text{ MPa}$ が作用した状態で溶接し、室温まで冷却した後、除荷した。比較のため応力が作用していない状態で溶接した継手も作成した。このようにして作成された継手から図-1に示すように、平行部長さ80mm、幅15mmの引張試験片と、5×10のサブサイズ2mmVノッチシャルピー試験片(3本)を採取した。引張試験および衝撃試験の結果を表-1に示す。衝撃試験の結果は3本の平均である。引張試験における破断位置は応力作用下で溶接した継手・無応力下で溶接した継手のどちらも母材であった。この表より引張許容応力に相当する応力が作用している部材に応力に直角方向に溶接を施しても、無応力下で溶接された継手に比べて降伏点、引張強さ、シャルピー吸収エネルギーが特に劣化することはないと言える。切断法により求めた残留応力の分布を図-2に示す。点線は作用応力に直角方向の応力、実線は作用応力方向の応力である。作用応力に直角方向の残留応力の分布には有意な差は認められない。これに対し作用応力方向の残留応力は顕著な違いを示し、応力作用下で溶接された継手の引張残留応力は作用応力相当分だけ緩和され、圧縮残留応力も引張残留応力の緩和分だけ減少している。

表-1 引張試験結果

作用応力 (MPa)	0	140
降伏点 (MPa)	315	312
引張強さ (MPa)	471	473
伸び (%)	24	24
シャルピー吸収エネルギー (J)	34	35

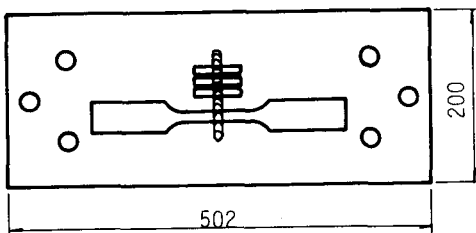


図-1 試験溶接継手

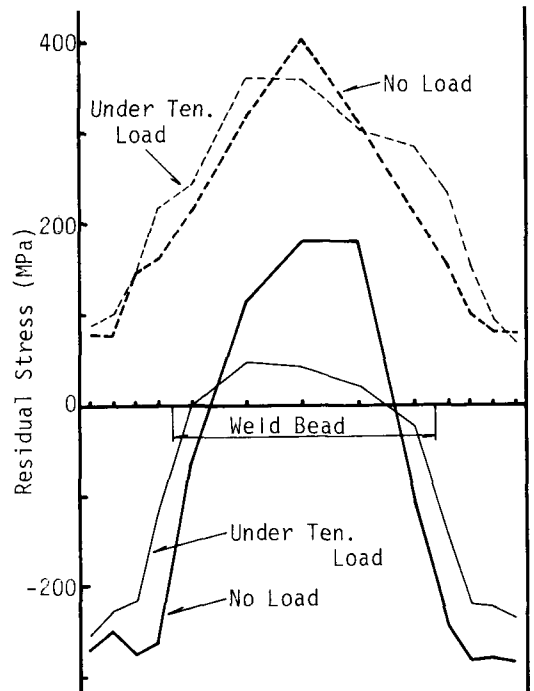


図-2 残留応力分布

3. 疲労試験 供試材は板厚6mmのHT80であり試験片の形状を図-3に示す。予亀裂として長さ10mmのソウカットを設けた。繰返し载荷は応力範囲150MPaの完全片張り、周波数4Hzで行った。実験はまず、予亀裂から疲労亀裂を発生させ亀裂全長が約20mmとなるまで伝播させた。この時を亀裂発見時に相当するものとした。この発見された亀裂に対して以下の4種類の補修・補強を施し、その後の疲労寿命を検討した。なお、補修・補強は無応力下で行っている。

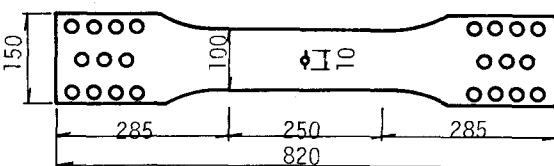


図-3 疲労試験片

- ① ストップホール(5φ)を亀裂先端に設ける。
- ② H.T.ボルトによりカバープレートを取付ける。
- ③ 溶接によりカバープレートを取付ける。(応力に直交するビードは仕上る。)
- ④ 溶接により亀裂を埋戻す。(余盛は削除する。)

比較のため無補修・無補強の試験片とスロットホール(長さ28mm、先端半径2.5mm)を有する試験体についても実験を行った。

実験結果を図-4に示す。無補修・無補強の場合には約22万回で破断しているのに対し、前述の4種類の補修・補強を施したものはいずれも22万回以上の寿命を有している。

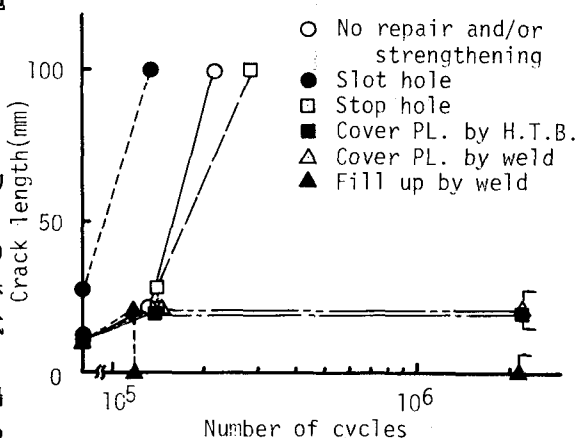


図-4 疲労試験結果

これらのうち、ストップホールを設けただけのものは29万回であった。ストップホールを設けた試験片においてストップホール亀裂の先端から新たな疲労亀裂が発生するまでの繰返しをストップホールの先端にクラックゲージを貼りこれにより求めたところ約7万回であった。これは無補修試験片とストップホールを設けた試験片の寿命の差に相当した。一方、スロットホールを設けた試験片の寿命は13万回でありこれはストップホールを設けた後の寿命にほぼ等しい。したがって、疲労亀裂が発生した部材にストップホールを設けた場合その部材の疲労強度はスロットホールを有する部材と同程度であると考えられる。そこで、部材に要求される疲労等級がスロットホールを有する部材と同程度の部材に対してはストップホールは有効な補修方法であり、これより上の疲労等級の部材に対しては一時的な処置として用い、その後に何らかの補強を施すことが望ましいと考えられる。

ストップホール以外の3種類の補修・補強部においては200万回の繰返しの後も、疲労亀裂の発生あるいは進展は認められなかった。

H.T.ボルトによりカバープレートを取付けた試験片でカバープレートに働く応力は70MPa、溶接による場合のそれは100MPaであった。このように作用応力がカバープレートに分担されたため亀裂の進展が抑えられたものと考えられる。

溶接による亀裂を埋戻しをした試験片では新しく残留応力が導入されていると思われるが、応力集中源が存在しなくなったので疲労亀裂が発生しなかったものと考えられる。

4. まとめ 許容応力に等しい引張応力の作用下で溶接しても、その継手の降伏点、引張強さ、シャルピー吸収エネルギーは特に劣化しないことが明らかになった。

ストップホール、H.T.ボルトあるいは溶接によるカバープレートの取付け、溶接による埋戻しなどの疲労亀裂の補修・補強の手段は部材に要求される疲労等級とのかねあいにおいて選択できると考えられる。

最後に、本実験を行うにあたり本研究所中辻義弘技官の協力を得た。記して謝辞とする。