

群馬大学 正員 坂野 昌弘
 東京工業大学 学生員 藤崎 恭功
 群馬大学 正員 西村 俊夫

1. はじめに

近年、溶接トラス橋の箱型断面部材の材片集成に部分溶け込みの縦ビードグループ溶接継手が多量に使用されているが、部分溶け込みによる場合は溶着金属底部の不整やルート部ブローホールなどの溶接欠陥が存在することにより、その疲れ強さが著しく低下することが知られている。本研究では、これらの影響を排除した場合の疲れ強さの向上を明らかにするため、完全溶け込み縦ビードグループ溶接継手を用いた試験片を用いて疲れき裂の発生に着目した疲れ試験を行い、その基本的な疲れ性状を検討した。

2. 実験方法

図-1に試験片の形状・寸法を示す。供試鋼材は調質型高張力鋼SM58である。溶接部はサブマージアーク溶接によるX型開先完全溶け込みとして部分溶け込みによる切欠き効果や各種溶接欠陥の影響を取り除いた。試験部の縦断面は疲れき裂の発生位置を限定するために $t=75\text{ mm}$ の砂時計型に仕上げ、破断後に残留応力の測定が可能なように試験部をニケ所に設けた。疲れ試験は最小荷重を1 tonとした一定振幅の引張片振り荷重により行い、試験部表面のき裂発生の有無をカラーチェックにより確認した。き裂発生後は、き裂の発生位置および進展挙動を明らかにする目的で荷重振幅を半減した二段多重試験を行い、疲れ破面上にビーグマークを残すことを試みた。疲れ試験後は切断法により試験片表面の残留応力を測定した。また、予荷重を導入して溶接部の残留応力を緩和させた試験片についてと同様の試験を行った。

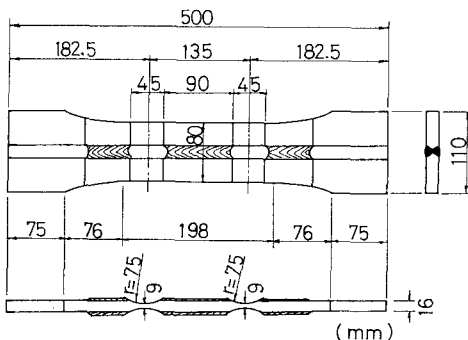


図-1 試験片の形状・寸法

3. 実験結果と考察

(1) 溶接残留応力の再配分 同一試験片について載荷前と10万回の繰返し載荷後に測定した溶接線方向残留応力の分布を図-2に示す。載荷前には溶接部周辺の母材部で38~51 kgf/mm²、溶接部で32~45 kgf/mm²の引張残留応力が存在していたが、載荷後ではそれぞれ、7~15 kgf/mm²および2~8 kgf/mm²と減小しており、再配分後の値は各部の耐力(母材部:60 kgf/mm²、溶接部:55 kgf/mm²)から作用応力の最大値を差し引いたものにはほぼ等しくなることが明らかとなった。

(2) 予荷重による残留応力の緩和 図-3は引張予荷重 $S_{pre}=60\text{ kgf/mm}^2$ を加えた後に繰返し応力 $S=1\sim53\text{ kgf/mm}^2$ を作用させた試験片の破断後の溶接線方向残留応力分布を示したものである。溶接部では、載荷前に存在したと考えられる引張残留応力は完全に消滅して1~7 kgf/mm²の圧縮応力が残留しており、溶接部の耐力以上の予荷重を加えることにより溶接部の引張残留応力を大幅に緩和できることが確かめられた。

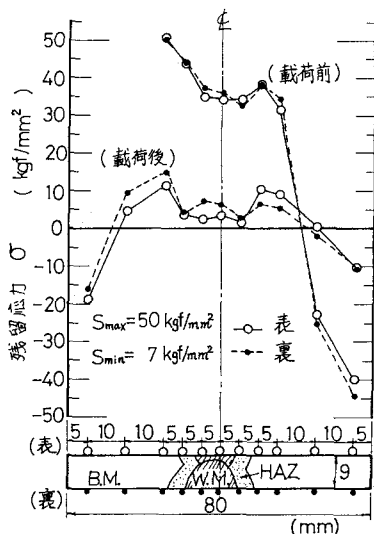


図-2 載荷前・後の残留応力分布

(3) 疲れきれつの発生位置 写真-1 に示した疲れ破面上には半円形のビークマークが残っている。この試験片では疲れきれつは裏側表面の熱影響部から発生しているが、他の試験片についても、きれつ発生点は表または裏側の同様な位置であった。溶接部付近の硬さ分布は図-4 に示す通り、溶着金属や母材に比して熱影響部の硬さが小さくなっており、この部分が疲れ強さが低下することを示唆している。

(4) きれつ発生寿命 破面のビークマークから読み取った表面きれつ長さ $2a$ と、破断寿命に対する応力繰返し数の比 N/N_f の関係を一試験片について図-5 に示す。 $2a = 0.5 \text{ mm}$ で発見された疲れきれつが $2a = 0.5 \text{ mm}$ 程度まで進展するのに要する応力繰返し数は N_f に比べて小さいため、本研究では $2a = 0.5 \text{ mm}$ のときの繰返し数をきれつ発生寿命 N_c と定義する。各試験片により N_c/N_f は $0.5 \sim 0.9$ の間ではらつくが、 N_f が長くなるにつれて N_c の N_f に占める割合が大きくなっている。

(5) 疲れ強さ 図-6 にきれつ発生寿命 N_c と応力範囲 S_r の関係を両対数軸で示す。 S_r が溶接部の耐力に近い領域では繰返し応力により溶接部の残留応力がほとんど解放されるため予荷重を加えた試験片と加えない試験片との間に疲れ強さの差は認められないうが、 $S_r = 50 \text{ kgf/mm}^2$ 以下の領域では予荷重なしの試験片に数 kgf/mm^2 の引張応力が残留しており、そのために残留応力の解放された試験片に比して短寿命傾向になる傾向がみられる。また、図-6 に合わせて示した部分溶け込み縦ビード型溶接継手の疲れ試験結果(昭和54年実施)と比較すれば、溶着金属底部の不整や溶接欠陥を排除することにより縦ビードグルーブ溶接継手の疲れ強さは著しく向上することが明らかである。

4. おわりに

以上により完全溶け込み縦ビードグルーブ溶接継手の疲れ性状の一端が示されたが、溶接部に存在する残留応力が疲れ寿命におよぼす影響などを検討することが今後の課題である。なお、本研究は昭和55年度文部省科学研究費補助金を受けて行われた。

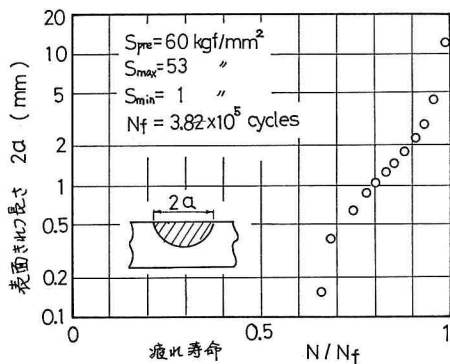


図-5 疲れきれつの発生と進展

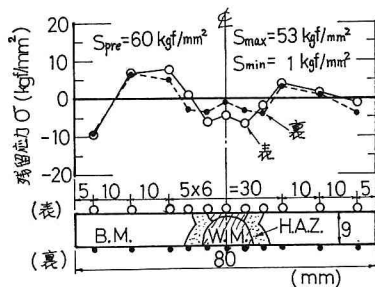


図-3 予荷重を加えた試験片の疲れ破断後の残留応力分布



写真-1 疲れ破面

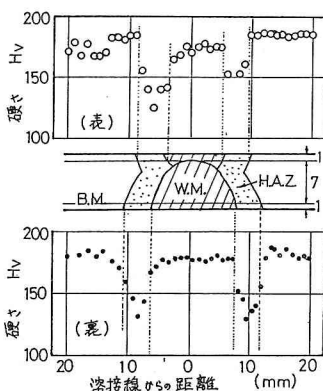


図-4 溶接部付近の硬さ分布

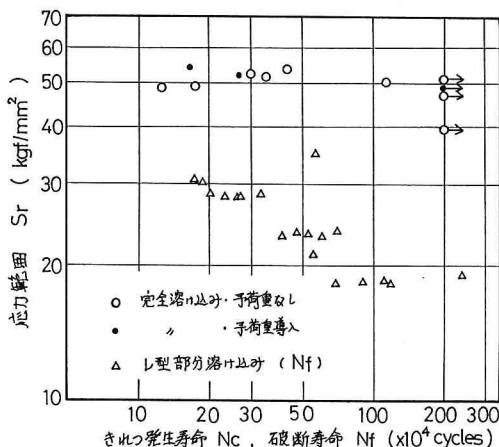


図-6 試験片の疲れ強さ