

大阪大学大学院 学生員 瀬良昌憲
 大阪大学工学部 正員 前田幸雄
 (株)片山鉄工所 正員 玉置光男

1. まえがき 中空断面鋼床版は、2枚の面板の間にV字形の心材をはさみ込んだ鋼床版である。その製作上の制約から、上面板と心材の継手は片側のみをすみ肉溶接した斜角T継手となる。著者らの実験によると、この中空断面鋼床版の心材長手方向を橋軸直角方向に使用した場合、輸荷重の通過によってこのすみ肉溶接継手に交互の繰返し面外曲げ応力が作用することが確認された¹⁾。本研究では、この斜角T継手を有する供試体を用いて両振りの曲げの疲労実験を行い、斜角T継手の疲れ強さについて検討するとともに、実物大の中空断面鋼床版の上面板と心材のすみ肉溶接継手における疲労き裂の発生の可能性について若干の考察を加えた。

2. 実験概要

1) 供試体 供試体の形状は図1に示すように実物大の中空断面鋼床版を部分的に切り出したものを想定し、供試体のすみ肉溶接部の形状は実物大の中空断面鋼床版のすみ肉溶接部の形状と同一となるように製作した。なお、供試体において、すみ肉溶接部の心材側の止端に最大の曲げ応力が発生し、かつ、面板が載荷点で疲労破壊しないように各部材の寸法を決めた。面板は19mm厚心材は6mm厚のSS41材を用い、心材と面板のなす角度は約55°とした。また、面板と心材の溶接は手溶接とCO₂半自動溶接を用いた。以下、前者の溶接を用いた供試体をH6シリーズ、そして、後者の溶接を用いたものをC6シリーズと呼ぶ。

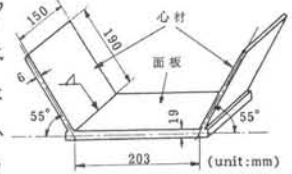


図1 供試体

2) 実験方法 供試体の支持状態は図2に示すように心材の端部を固定支持した。図2に示すように、面板中央部で上下の方向に両振りとなるように繰返し荷重を載荷した。疲労実験は油圧サーボパルサを使用し、荷重制御により行った。なお、疲労き裂の発生に対して、次の3つの方法を併用して実験を行った。

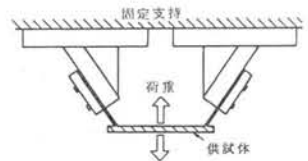


図2 供試体の支持および載荷

a) 繰返し数10万回毎に動的載荷を一時中断して静的載荷を行い、すみ肉溶接部近傍に貼り付けたひずみゲージのひずみの変化を調べる。 b) 疲労き裂が発生すると予想される箇所近傍に貼り付けたひずみゲージの動的ひずみ振幅の乱れを自動検出する。

c) カラーチェックによる目視で疲労き裂の有無を調べる。

3. 実験結果とその考察

1) 疲労き裂の発生状況 今回の疲労実験では図3に示すようにすみ肉溶接部の心材側の止端部とすみ肉溶接のルート部に疲労き裂が発生した。写真1は実験終了後、供試体をすみ肉溶接部で引張って切断した破面の1例を示す。このような破面の観察により、手溶接を用いたH6シリーズの供試体すべてにおいて、ルート部に溶込み不足が認められた。一方、C6シリーズの供試体においてはほとんどルート部には溶込み不足は見られなかった。このようなルート部の溶込み不足は疲労き裂の発生点となることが十分に予想され、疲労に対する強度低下を招くと考えられる。

2) すみ肉溶接止端部とルート部のひずみ振幅の推定 すみ肉溶接止端部とルート部にひずみゲージを貼り付けることは困難であるので、図4に示すように心材に貼り付けたひずみゲージからひずみ振幅の分布を求め、それを直線で近似して止端部とルート部の推定公称ひずみ振幅を求めた。

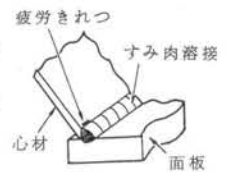


図3 止端部の疲労き裂

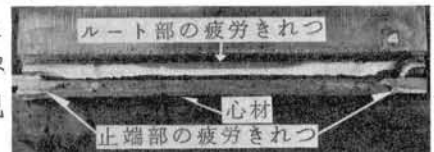


写真1 疲労き裂の破面

3) 疲労き裂の発生繰返し数の決定 疲労き裂が止端部あるいはルート部に発生するとその近傍のひずみゲージのひずみ振幅は減少する。今回の実験データの整理に当って、疲労き裂の発生繰返し数をひずみ振幅が変化した時の繰返し数、すなわち、10万回毎に静的測定を行っているので疲労き裂は測定間隔の中間で発生したと仮定して、決定した。

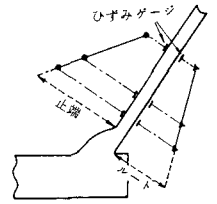


図4 ひずみの測定

4) S-Nc 曲線 疲労き裂が発生した止端およびルート部の推定公称応力振幅と疲労き裂の発生繰返し数との関係をプロットすると図5、図6のようになる。なお、図5は止端部に疲労き裂が発生した場合であり、図6はルート部に疲労き裂が発生した場合である。各々のS-Nc曲線を求めると次のようになる。

a) 止端部から疲労き裂が発生する場合

$$\log \sigma_{r,t} = -0.2146 \log N_c + 2.603 \quad (\text{H6 シリーズ})$$

$$\log \sigma_{r,t} = -0.1019 \log N_c + 4.025 \quad (\text{C6 シリーズ})$$

b) ルート部から疲労き裂が発生する場合

$$\log \sigma_{r,r} = -0.3109 \log N_c + 2.597 \quad (\text{H6 シリーズ})$$

ただし、 $\sigma_{r,t}$ 、 $\sigma_{r,r}$ は各々止端部、ルート部の推定公称応力振幅であり、 N_c は疲労き裂の発生繰返し数を示す。各供試体において、数箇所に疲労き裂が観察されたので、各疲労き裂の発生が独立に扱えると考えて、1体の供試体から複数の実験データを求めた。図5から、CO₂半自動溶接を用いたC6シリーズの供試体の方がH6シリーズの供試体比べて疲れ強さは高目となる傾向が見られた。しかし、応力振幅の大きい領域では両者の差はほとんどないと思われる。また、図6から、C6シリーズの供試体のデータが不十分であるが、止端部と同様に、C6シリーズの疲れ強さの方がH6シリーズに比べて高目になる傾向がある。1)でも述べたように、ルート部において、H6シリーズの供試体はすべて溶込み不足が存在していたのでC6シリーズに比べて応力集中が大きいと考えられる。それゆえに、手溶接を用いた供試体の方がルート部からの疲労き裂の発生の可能性が高い。斜角T継手の片側すみ肉溶接を行う場合、ルート部からの疲労き裂の発生を抑制するために、CO₂半自動溶接のような入熱量の大きい溶接法を用いてルート部の溶込み不足を少なくすることが必要であろう。

5) 中空断面鋼床版の疲労き裂発生の可能性 著者が以前に行った中空断面鋼床版の実験結果から鋼床版に設計荷重8 t/m²が通過する際、すみ肉溶接部に生じる応力振幅を求めると、止端部において17.8 kg/mm²、ルート部において16 kg/mm²である。

そこで、それらの値とH6シリーズのS-Nc曲線との比較を図7に示す。この図において、本実験データから、その値以下では疲労き裂が発生しないと考えられる応力振幅をS-Nc曲線の耐久限度として示している。今回得られた非常に少ないデータのみからではあるが、ルート部において疲労き裂の発生の可能性があると思われる。

4. あとがき 今回の実験では考慮できなかったが、止端半径とフランク角の大きさが止端部の疲れ強さにおよぼす影響に対する検討や、溶接残留応力が疲れ強さにおよぼす影響に対する検討などを今後の課題としたい。

参考文献 1) 前田、瀬良、櫛田：土木学会年次講演概要、I-121 (1981)。

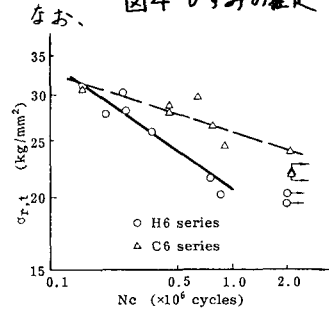


図5 止端部のS-Nc線図

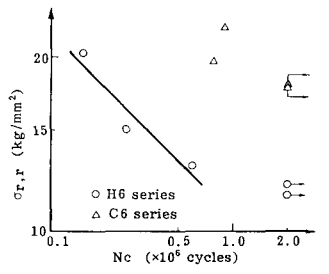


図6 ルート部のS-Nc線図

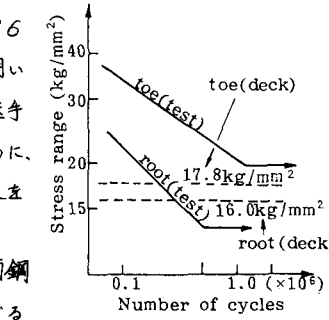


図7 疲労き裂の発生の可能性