

大阪大学工学部 正員 瀬良昌憲

大阪大学工学部 正員 前田幸雄

関西片山鉄工所 正員 梅下恭助

1. まえがき

最近、長大スパンを有する橋梁において自重の軽減のため床版として鋼床版が多く使用されている。鋼床版は直接自動車輪荷重を受ける溶接構造物である。それゆえ、鋼床版部材の継手の疲労を考慮して、部材のすみ肉溶接継手の小型試験片を用いた疲れ強さの実験が数多く行われている。しかし、小型試験片を用いた疲労試験は、純引張応力状態において行われているが、実際の構造物において、そのような継手の各部材は複雑な応力状態にある。一方、鋼床版構造における疲労クラックの発生と伝播モードに関する研究は非常に少ない。本研究では、開断面縦リブを有する鋼床版供試体を用いて疲労試験を行い、繰り返し荷重下における鋼床版構造の弾性的な挙動を把握するとともに、供試体各部における疲労クラックの発生および伝播モードを観察し若干の考察を加えた。

2. 実験概要

1) 供試体 実物大の1組の横リブにはさまれた縦リブで補剛されたデッキプレート1パネルの鋼床版の供試体2体(以下タイプⅠと書く)および中央に横リブ一本を有する供試体1体(以下タイプⅡと書く)の合計3体を現行の道路橋示方書に基づいて設計製作した。なお、タイプⅠの供試体の縦リブと横リブウエブの交差部における継手形状の違いにより2種類製作した。第1体は、すべての交差部の部材は4本の鉛直すみ肉溶接の両側すみ肉溶接により連結された供試体(以下Ⅰ-1と書く)であり、第2体は1本の横リブの交差部はⅠ-1と同様に両側すみ肉溶接であるが、もう1本の横リブの交差部は横リブウエブにスリットを設け片側すみ肉溶接により連結された供試体(以下Ⅰ-2と書く)である。タイプⅡの横リブの交差部は両側すみ肉溶接とした。供試体の使用鋼材は、すべてSS41材であり溶接は手溶接とした。デッキプレートは12mm厚、縦リブは16mm厚、高さ200mmの鋼板を、そして横リブウエブは9mm厚、高さ300mmで、横リブ下フランジは8mm厚、板幅200mmの鋼板を使用した。

2) 実験方法 供試体の支持状態は両端の縦リブを縦リブスパン方向に沿って丸鋼棒を用いて2辺単純支持とした。載荷荷重は自動車後輪ダブルタイヤを想定しデッキプレートの局所的な変形を考慮して、図1に示すようにデッキプレート上面に載荷した。疲労実験はローゼンハウゼン型疲労試験機を用いて荷重制御により行った。なお、20~30万回毎に静的載荷を行い、“たわみ”と“ひずみ”の測定をおこなった。疲労クラックの発生の検出は肉眼ではかなり困難であるので、疲労クラックの発生することが予想される箇所の動的ひずみの振幅の乱れを検出するとともにカラーチェックなどを併用した目視により疲労クラックの進展および新しい疲労クラックの有無を観察した。

3. 実験結果

供試体Ⅰ-1の実験経過については前回報告¹⁾したので簡単に述べる。供試体Ⅰ-1における疲労クラックの発生位置を図1に示す。下限荷重2.5t、上限荷重18tの荷重振幅により繰り返し数22万回後に最初の疲労クラックが縦リブと横リブウエブのすみ肉溶接止端部に発生した。その後、E4→E2→E5→E3→E1→E6の順に疲労クラックの発生が続いた。次に横リブの疲労クラックを当て板を用いて4本の高力ボルトで締め付けて補修を行い、上限荷重を22tに上げた後、デッキプレートにDP1の疲労クラックの発生を観察した。供試体Ⅰ-2における疲労クラックの発生位置を図2に示す。Ⅰ-2では最初から上限荷重を18tに設定して疲労実験を行いW4の疲労クラックが発生したならば、ただちにⅠ-1と同様の方法で補修を行い、順次補修を行いながら実験を続けた。上限荷重を20tに上げた後にデッキプレートにDP2の疲労ク

ラックが発生した。なお、片側すみ肉溶接である⑤側の横リブには疲労クラックは発生しなかった。供試体Ⅱ-1における疲労クラックの発生位置を図8に示す。載荷点(A)において、下限荷重を1.5 t, 上限荷重を5.5 tとし、載荷点(B)において、下限荷重を2.0 t, 上限荷重を5.5 tにしてそれぞれ繰り返し荷重を加えた。

4. 疲労クラックの発生に関する一考察

1) デッキプレート 荷重にはさまれた縦リブ上のデッキプレート上面に疲労クラックが生じたので、縦リブ上のデッキプレート上面の測定ひずみから計算された応力を用いて、直線累積被害則を適用して、各荷重振幅に対する応力振幅による疲労破壊までの繰り返し数を未知数とし、S S 4 1 材の母材のS-N曲線の既往のデータ²⁾からデッキプレートのS-N曲線の傾きが母材のS-N曲線の傾きと等しいと仮定することによって、Ⅰ-1, Ⅰ-2それぞれについてS-N曲線の式を求めると、次のようになる。

$$\log \sigma = 1.90 - 0.0744 \log N \quad (\text{Ⅰ-1})$$

$$\log \sigma = 1.86 - 0.0744 \log N \quad (\text{Ⅰ-2})$$

図4において3本の実線は上から非破壊確率5, 50, 95%のS-N曲線である。この図によりデッキプレートの疲労クラックの発生は母材の疲労強度に関する既往のデータから推定可能である。

2) 縦リブと横リブウエブの交差部 横リブウエブのスカラップ上端のすみ肉溶接止端から水平に10 mm離れた位置の測定ひずみから主応力を計算し、主応力の応力振幅と疲労クラックの発生繰り返し数との関係をプロットしたのが図5である。この図で実線で示したのは既往のデータのリブ十字前面すみ肉溶接継手のS-N曲線である。本実験結果から得られたS-N曲線を破線で示す。

今回の実験で得られた結果は疲労クラックの発生繰り返し数を、疲労クラックの発生が目視で確認された時点、あるいは測定ひずみの変化した時点としており、明確な疲労クラックの発生時期を検出できなかったの

でデータのばらつきが大きいと考えられる。これらの2本のS-N曲線を比較すると、これらの交差部における継手の方が疲労強度が低いようにみえる。しかし、前述のような理由により本実験データのばらつきが大きいので主応力の応力振幅と繰り返し数の関係から整理した本実験結果だけではこ

のような継手部の疲労強度を論じることにはできない。さらに、既往の疲労データは一軸方向の引張応力状態において得られたデータであるのに対して、このような継手部の実際の作用応力状態は複雑であるので単純な比較はできない。したがって、このような継手部の疲労を考慮する場合、継手部の実際の作用応力状態を明らかにする必要がある。現在、このような継手部のFEM解析を行っているので発表時に詳しく述べる。

参考文献 1) 前田、瀬良、梅下；土木学会関西支部年講（1979） 2) 溶接協会；F S委員会

3) 疲労データシート №37 日本鋼構造協会

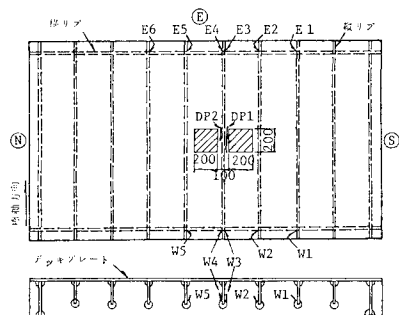


図1. 疲労クラックの発生位置(Ⅰ-1)

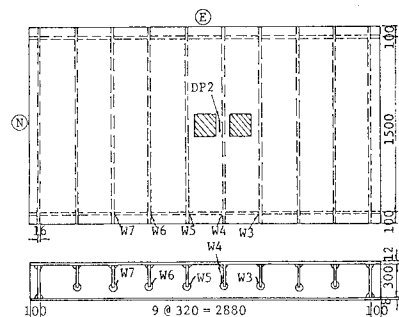


図2. 疲労クラックの発生位置(Ⅰ-2)

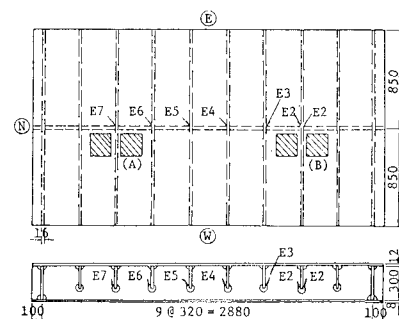


図3. 疲労クラックの発生位置(Ⅱ-1)

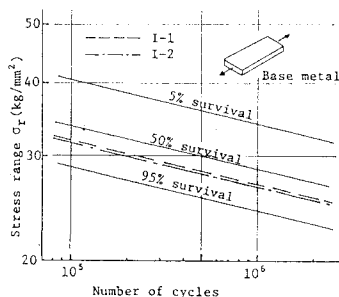


図4. デッキプレートのS-N線図

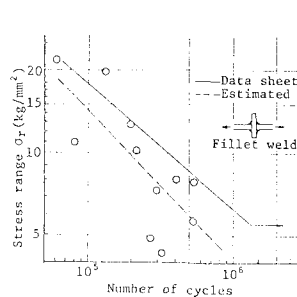


図5. 横リブのS-N線図