

中空断面鋼床版の疲労に関する研究(その1)

大阪大学工学部 正員 前田幸雄

大阪大学大学院 学生員 瀨良昌憲

熊谷組 正員 中谷信治

(株)神戸製鋼所 正員 櫛田賢一

1. まえがき 近年、道路橋において交通量の増大と車両重量の増大にともなう道路橋の鉄筋コンクリート床版のひびわれ破壊、破壊が問題となっている。そこで、こうした床版の代替として鋼床版の利用が考えられる。このような目的に適合する鋼床版の一形式として従来の間断面縦リブを有する鋼床版の縦リブ下縁に鋼板を溶接接合して縦リブ長手直角方向の剛性を高めた鋼床版を橋軸直角方向に用いること(縦リブ長手方向を橋軸直角方向に用いること)が考えられる。しかし、鋼床版は全荷重中活荷重の占める割合が大きいというに使用期間中数百万回にわたって直接自動車輪荷重の影響を受けることやその構造が溶接による組立て構造であることなどから疲労による強度低下が重要な問題となる。本研究では中空断面鋼床版の実物大の供試体を用いて疲労実験を行い、繰返し荷重下の中空断面鋼床版の弾性挙動を把握するとともに疲労き裂の発生と伝播モードを観察し疲労性状に関して若干の考察を加えた。

2. 実験概要 1) 供試体 実験に用いた供試体は現行の道路橋示方書に基づいて設計製作した実物大の供試体1体である。供試体は図1に示すような横リブのない中空断面構造であり床版厚15mm、上面板12mm、下面板8mm、V字型縦リブ(以下は心材と呼ぶ)6mmの鋼板を使用した。使用鋼材は全てSS41材であり溶接継手はCO₂半自動溶接とし溶接部は溶接のままとした。2) 実験方法 供試体の支持状態は心材長手方向に対して直角に2辺単純支持とした。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図1に示すような載荷点A、B、Cにおいてそれぞれ動的載荷を行った。なお、10~20万回毎に静的載荷を行い“たわみ”と“ひずみ”の測定を行った。疲労き裂の発生が予想される箇所のひずみゲージの動的ひずみ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って疲労き裂の発見に努めた。

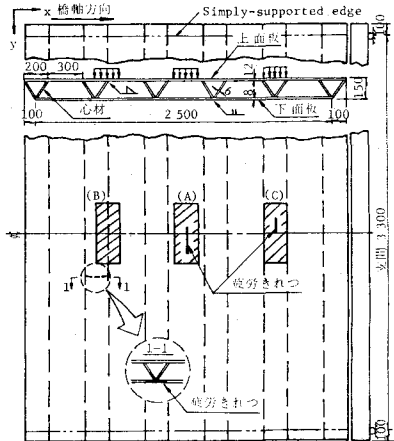


図1. 供試体と疲労き裂

3. 実験結果 1) 構造特性 静的載荷実験の結果より支間中央断面における上面板上面のひずみ分布(x方向)および下面板下面のひずみ分布(y方向)を図2,3に示す。図2より上面板は載荷点近傍においてx方向に大きなひずみを生じ載荷点から遠ざかるにつれてその値は急激に減少していることがわかる。図3より下面板は鋼床版の全体的な曲げ作用を受けており荷重は載荷点近傍の心材と下面板のみによって支持辺へ伝達されていることがわかる。2) 疲労実験 表1に各載荷点における荷重の履歴をまとめて示す。各載荷位置において第1段階目の荷重振幅では疲労き裂はどこにも発生しなかった。そこで、荷重振幅を増大

した結果、AおよびC点の載荷の場合には図1に示すように荷重直下の上面板下面から疲労きれつが心材長手方向に発生した。B点載荷の場合には支間中央から西側約36cmの位置の下面板突合せ溶接部に疲労きれつが発生された。図1に示すようにこの疲労きれつは下面板および心材に進展していた。

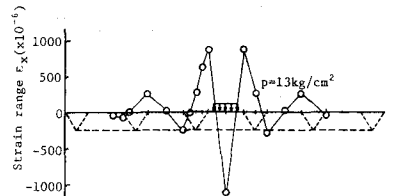


図2 上面板上面のひずみ分布 (A点載荷)

4. 疲労きれつの発生に関する一考察 上面板母材および下面板突合せ溶接継手に注目して、従来より行われている小型試験片を用いた一軸引張状態における疲労強度の既往のデータをもとに各部の疲労きれつの発生に対する検討を試みた。既往のデータからS-N曲線の傾きを仮定し直線累積疲労則を適用してS-N曲線を求め、既往のデータのP-S-N曲線との比較を行った。計算に用いた応力振幅と繰返し数は表1に示してある。

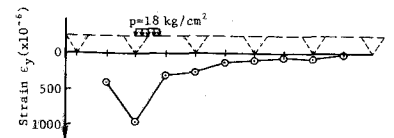


図3 下面板下面のひずみ分布 (B点載荷)

表1. 荷重の履歴

Loading condition	Load (ton)	No. of cycles ($\times 10^3$)	Stress range (kg/cm ²)
A	2	15	0 - 300
	2	24	300 - 352
B	2	18	0 - 300
	2	23	300 - 401.4
C	2	15	0 - 300
	2	20	300 - 365

1) 上面板 上面板は荷重直下で局部的に大きな面外曲げを受けているので上面板下面の Σ 方向の応力に着目して、A点、C点載荷それぞれについてS-N曲線を求め母材のP-S-N曲線との比較を図4に示す。以前に著者らが行った他の形式の実物大の供試体を用いた疲労実験結果からも明らかなように上面板のような局部的な面外曲げ作用を受ける部分の疲労きれつの発生は母材の疲労強度の既往のデータから推定可能であろう。

2) 下面板突合せ溶接継手部 下面板の溶接継手部は作用応力から溶接線方向に力の作用する縦突合せ溶接継手と見なせるのでそのような継手(溶接のまま)の既往のデータと求めたS-N曲線との比較を図5に示す。今回得られたS-N曲線は既往のデータよりかなり低い値を示しているが、疲労きれつの破面の観察より下面板と心材の突合せ溶接部の溶込み不足による溶接欠陥から疲労きれつが発生したと思われるので、このような継手部の疲れ強さの低下は十分に予想される。このような継手部における疲労きれつの発生は構造全体の破壊につながる所以このような形式の鋼床版では設計上重要な問題となる。最後に、今回の実験では上面板と心材とのすみ肉溶接部には疲労きれつは発生しなかったが、このような継手部の心材は大きな面外曲げ作用を受けており、輪荷重の移動により継手部には引張圧縮の交番の繰返し応力が作用するために応力振幅は単一の位置における載荷によって生じる応力振幅よりも大きくなるので、疲労きれつの発生に対する検討が必要であろう。

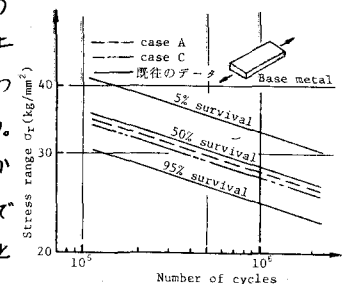


図4. 上面板のS-N線図

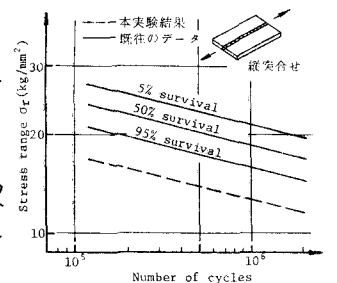


図5. 縦突合せ溶接部のS-N線図

参考文献 1) 前田、瀬良、海下; 土木学会関西支部年誌 (1980)

2) 白石隆義; 溶接設計者のための疲労に関する一般常識, 溶接技術, 3-1964.