

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)神戸製鋼所 正員 柳田賢一

1. まえがき 近年、道路橋において交通量の増大と車輛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損、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した鋼床版の一形式として従来の閉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(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。ところが、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供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15cmで、上面板12mm厚、下面板8mm厚、V字型縦リブ(以下では心材と呼ぶ)6mm厚の鋼板を使用した。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。

3. 実験結果 1) 構造特性 疲労実験前に行った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 x 方向のひずみ分布(A点載荷)と下面板下面の y 方向のひずみ分布(B点載荷)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、荷重は主に載荷点付近の部材のみによって支持辺へと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、図1に示すような

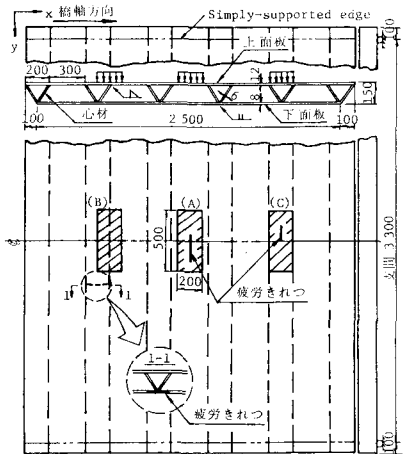
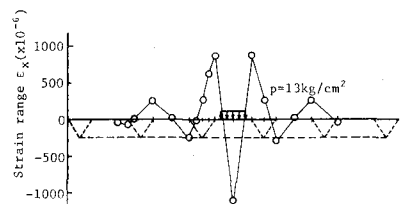
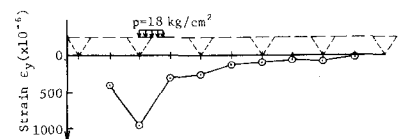


図1. 供試体と疲労き裂

図2. 上面板上面の x 方向のひずみ分布(A点載荷)図3. 下面板下面の y 方向のひずみ分布(B点載荷)

位置にそれぞれの動的載荷に対して疲労き裂が発生した。A点およびC点載荷の場合、荷重直下の上面板に疲労き裂が心材長手方向に発生した。写真1にその疲労き裂の破面を示すが、疲労き裂は上面板の下面側か

ら発生していることがわかる。B点載荷の場合、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した。この疲労きれつは図1に示すように下面板では突合せ溶接溶接線にほぼ直角方向に進展し、心材では支間中央方向に約45°の角度で上方に進展した。写真2はその疲労きれつの破面を示している。

表1. 荷重の履歴

Loading condition	Load (ton)		No. of cycles ($\times 10^3$)	Stress range (kg/cm ²)
	Pmin	Pmax		
A	2	15	0 - 300	2160
	2	24	300 - 342	3030
B	2	18	0 - 300	840
	2	25	300 - 401.4	1190
C	2	15	0 - 300	2140
	2	20	300 - 365	2630

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被害則を適用して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。



写真1. 上面板の疲労きれつの破面

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 π 方向の応力に着目してA、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²⁾から推定可能であろう。

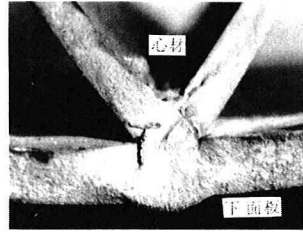


写真2. 下面板溶接部の疲労きれつの破面

2) 下面板突合せ溶接継手部 下面板の溶接継手部は構造特性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の既往のデータ(溶接のまま)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もかなり低い値を示しているが、写真2に示すような疲労きれつの破面の観察より疲労きれつは心材と下面板との接合点における溶接部の溶け込み不足による溶接欠陥から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ため本形式のような鋼床版では設計上重要な問題となる。

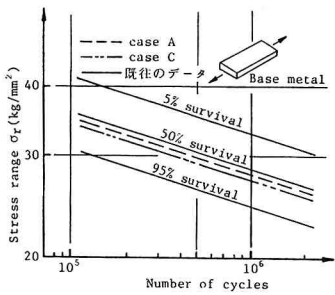


図4. 上面板のS-N線図

3) 上面板と心材のすみ肉溶接継手部 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構造上大きな面外曲げ作用を受けており、本形式の鋼床版の実際の使用状態を考慮すると自動車輪荷重が上面板上を心材長手直角方向に通過する場合、心材外面のすみ肉溶接止端近傍の π 方向の応力に着目すると荷重がC点の位置にある時、引張応力状態にあり、荷重がA点の位置にある時、圧縮応力状態にある。結果としてこのような継手部には輪荷重の移動により引張圧縮の交替の繰返し応力が作用するために応力振幅は単一の位置の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。そこで、このような片側すみ肉溶接継手の曲げ疲労の問題に関するデータがほとんど見当たらないので継手の疲れ強さを把握するためにこのような継手をモデル化した小型試験片を用いて交替の曲げを作用させた疲労試験を行っている。その結果については講演当日に発表する予定である。

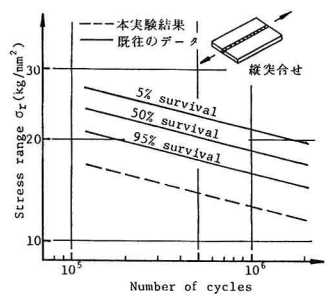


図5. 縦突合せ溶接部のS-N線図

データがほとんど見当たらないので継手の疲れ強さを把握するためにこのような継手をモデル化した小型試験片を用いて交替の曲げを作用させた疲労試験を行っている。その結果については講演当日に発表する予定である。

参考文献 1) 前田、瀬良、梅下；土木学会関西支部年講 (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。