

## I-274

## 吊橋補剛桁・ハンガーブラケットの大型疲労試験

本州四国連絡橋公団

福井 崇博

本州四国連絡橋公団

谷中 幸和

宮地・横河共同企業体 正員

深沢 誠

建設機械化研究所

谷藤 精一

## 1. はじめに

鋼床版箱桁からなる吊橋補剛桁について疲労試験を実施し、構造詳細の弱点部の検討を行つた。対象とした補剛桁は桁高 2.2 m、幅員 2.95 m の偏平な逆梯形箱桁であり、箱桁から張り出したブラケットを吊ることを特徴としている。鉛直荷重は、橋桁下フランジからダイアフラムを介してブラケット下フランジへ伝達されるため、ブラケット下フランジと箱桁斜腹板が交差する箇所は構造上最も重要と考えられる。交差部は断面が急変しており、薄肉立体構造解析による応力照査において、大きな応力集中が認められた。そこで、ハンガーブラケットを含む横桁系の実寸大のモデルによる疲労試験を行つた。

## 2. 供試体および疲労試験

図-1 に供試体の概要を示す。全長 1.3 m 程であり、対象補剛桁断面の中央部を取り除いた形である。試験機のスぺースの制限から供試体の幅は 2.5 m とし、箱桁相当部には 2 枚のダイアフラムを添付した。この影響については別途 FEM 解析により検討し、供試体着目部の応力状態は実橋モデルとほとんど差がないことを確認している。

図-1 供試体形状

疲労試験は、ハンガー定着部を支点とする 3 点曲げで行つた。荷重条件は設計計算によるハンガー張力を参考にし、上限 280 ton、下限 200 ton の繰返し載荷とした。試験途中、箱桁下フランジ・縦リブ貫通孔の回し溶接部に疲労亀裂が発生したが、直ちに補修・補強を行い試験を続行した。その後、繰返し数 200 万回時にブラケット下フランジと箱桁斜腹板交差点 (A) に亀裂が見つかり、試験を終了した。

## 3. ブラケット下フランジの亀裂

図-2 にブラケット

下フランジに発生

した亀裂の様相を

示す (type 3)。

亀裂は交差部突合せ溶接の鈍角側止端部から発生し、板厚方向へ 12 mm 進展していた。

図-3 には亀裂発生近傍の実測応力 (280 ton 載荷) を

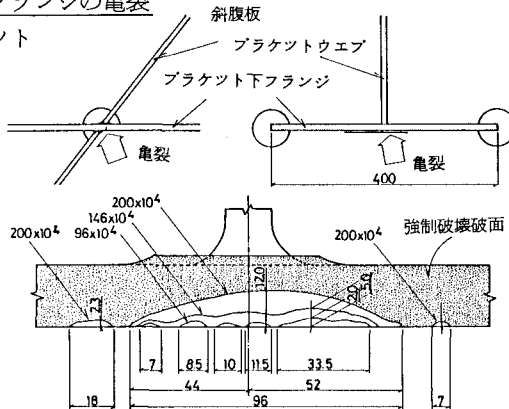
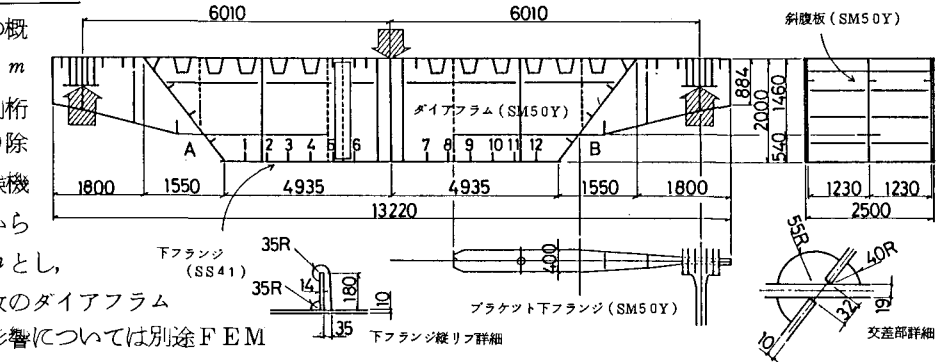
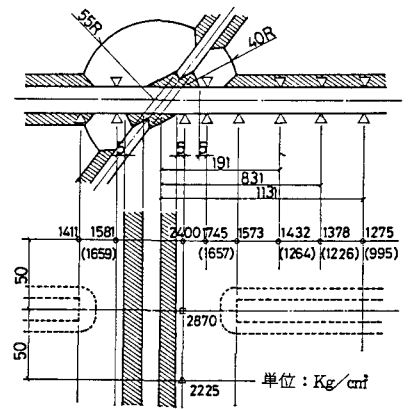
図-2 ブラケット下フランジの亀裂 (type 3,  $N=200 \times 10^4$ )

図-3 ブラケット下フランジの応力 (280 ton 載荷)

示すが、斜腹板交差部近傍では大きな応力集中が生じている。この部分の簡易計算による公称応力は  $1884 \text{ kg/cm}^2$  であるが、止端近傍の応力は  $2870 \text{ kg/cm}^2$  となっている。なお、亀裂発生部の止端形状はフランク角・ $\theta$  が  $120^\circ$  以下、止端半径・ $\rho$  も  $1 \text{ mm}$  以下であった。亀裂が発生していないB側の交差部の止端形状は良好 ( $\theta > 140^\circ$ ) であることを考えると、溶接施工に留意するならばこれ以上の疲労強度が期待できる。

#### 4. 縦リブ貫通孔・回し溶接部の亀裂

図-4に縦リブ貫通孔回し溶接部に発生した亀裂の概要を示す。46万回時に、No.1,12の縦リブ・回し溶接部の上止端から亀裂が発生した (type 1)。この部分については補修溶接を行った後にパスプレートを追加し、作用応力を減少させた。その後、96万回時には内側の縦リブ・No.2~5,8~11の回し溶接部の下止端から下フランジ方向への亀裂が発生した (type 2)。いずれの亀裂もダイアフラムが切り欠かれているために、下フランジの面外変形が繰返され、回し溶接止端部の応力範囲が大きな位置から亀裂が発生したものと考えられる。図-5にはFEM解析結果 (280ton 載荷) を示す。下フランジには大きな面外曲げ応力が発生しており、回し溶接上止端側のダイアフラムの応力は  $1947 \text{ kg/cm}^2$ 、下止端側のフランジの応力は  $3474 \text{ kg/cm}^2$  である。なお、ダイアフラムの実測応力はFEM計算結果と近い値を示しているが、下フランジの実測値は応力集中部を十分につかまえられず、かなり小さい値となっている。

図-5にはFEM解析結果 (280ton 載荷) を示す。下フランジには大きな面外曲げ応力が発生しており、回し溶接上止端側のダイアフラムの応力は  $1947 \text{ kg/cm}^2$ 、下止端側のフランジの応力は  $3474 \text{ kg/cm}^2$  である。なお、ダイアフラムの実測応力はFEM計算結果と近い値を示しているが、下フランジの実測値は応力集中部を十分につかまえられず、かなり小さい値となっている。

#### 5. 疲労寿命曲線

図-6に3つのタイプの亀裂についての疲労寿命曲線を示す。ここで、寿命曲線は

$$(\Delta \sigma)^3 \cdot N = \text{const.}$$

で表わした。いずれの亀裂も発見時にはかなり大きく進展しており、その時点の繰返し数を疲労寿命・ $N_f$  とした。また、作用応力範囲・ $\Delta \sigma$  は、ブラケット下フランジの亀裂については実測値から、回し溶接部はFEM計算値から求めた。ここでの応力範囲は応力集中部の局部応力であり、従来の公称応力で整理した場合は性格が異なっている。200万回疲労強度はタイプ2,3の継手でおおよそ  $800 \text{ kg/cm}^2$ 、タイプ1では  $340 \text{ kg/cm}^2$  とかなり小さくなっている。

#### 6. まとめ

ブラケット構造の補剛箱桁をモデルとした疲労試験において、

- ① ブラケット下フランジと箱桁腹板交差部の溶接継手
- ② ダイアフラム・縦リブ貫通孔の回し溶接部

が構造上の弱点であることが判つた。このような補剛桁の設計にあたっては、活荷重の大きさの評価を含めて、構造詳細の疲労安全性を十分に検討する必要がある。

最後に、本実験に際して埼玉大学・田島二郎教授、東工大・三木助教授にご助言を載いたことを記し謝意を表わします。

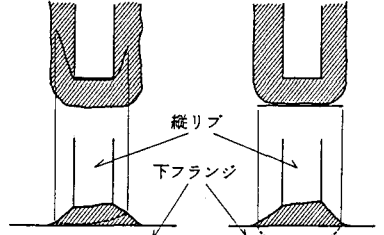
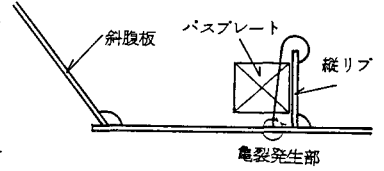


図-4 回し溶接部に発生した亀裂  
上止端の亀裂 (type 1)  $N = 46 \times 10^4$  回  
下止端の亀裂 (type 2)  $N = 96 \times 10^4$  回

図-4 回し溶接部に発生した亀裂

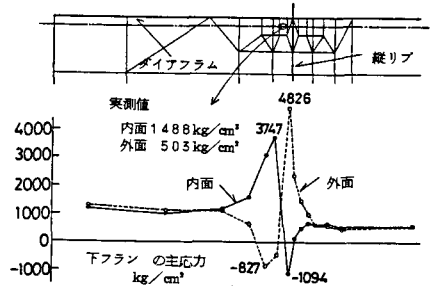
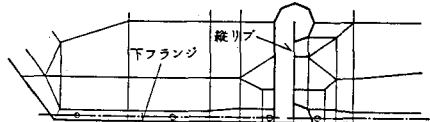
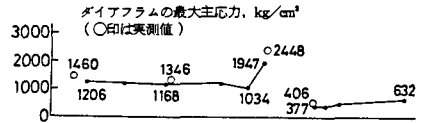


図-5 回し溶接部近傍の応力分布 (280t 載荷)

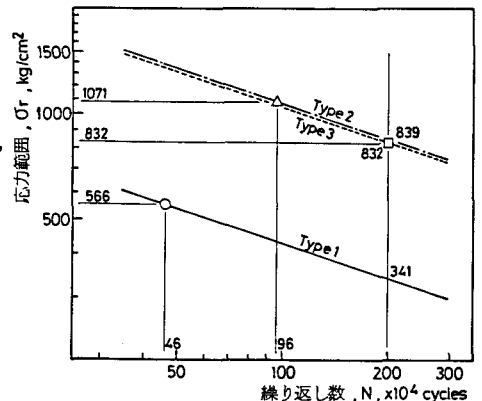


図-6 疲労寿命曲線