

## 鉄道用合成床版の合成後断面に対する検討

石川島播磨重工業株式会社 正会員 ○小川 潤一郎\*1

松村 達也

正会員 鈴木 統

### 1. 目的

近年鉄道橋においては、連続合成開断面箱桁や2主桁等の新形式の橋梁を採用し経済性を重視している。このような形式の場合、床版の張出長が長くなることから、大規模な型枠支保工および足場設備が必要になるため、リブによって補剛された鋼製型枠を後打ちコンクリートと一体化させる合成床版の採用が考えられる。ここでは、底鋼板を溝形鋼を用いて補剛する形式の合成床版について、片持ち部床版完成時の安全性確認のために行った FEM 解析により、ハンチ部溶接継手部の疲労照査、また、設計計算の照査を行うものである。

### 2. 合成後断面における FEM 解析

#### 1) 解析モデル

解析モデルを図—1に示す。片持ち床版部（支間長  $L=2.45\text{m}$ 、床版厚  $300\text{mm}$ 、ハンチ高  $66\text{mm}$ ）について、橋軸方向にチャンネルリブピッチ  $400\text{mm}$  部分を取り出したモデルとし、側面は対称条件としての境界条件を与える。使用要素はチャンネル、底鋼板、上フランジをシェル要素（鋼静弾性係数  $2.0 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ 、ポアソン比  $0.3$ ）、コンクリート（静弾性係数  $2.8 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ 、ポアソン比  $0.17$ ）をソリッド要素とし、鉄筋を梁要素とした。コンクリートとチャンネルおよび底鋼板との境界は接触・非接触の影響を考慮した。ハンチ部終点位置から  $200\text{mm}$  位置までを FEM モデルとし、そこから張出し先端位置までは梁要素とし底鋼板、チャンネルおよびコンクリートが完全合成であると見なしたときの合成断面の剛度を与えた。

片持ち支点部は完全固定とし、ここに床版設計曲げモーメント  $M$  が作用するように片持ち先端部に下記の集中荷重  $P$  を載荷した。（解析は2STEPに分けて行う。）

（STEP1）後死荷重載荷時

$$P=M/L = (53.04 \times 400 / 1000) \text{ kNm} / 2.450\text{m} = 8.7\text{kN}$$

（STEP2）（後死 + 活荷重）載荷時

$$P=M/L = (75.44 \times 400 / 1000) \text{ kNm} / 2.450\text{m} = 12.3\text{kN}$$

#### 2) 疲労の照査

ハンチ部のチャンネル表面側の最大主応力分布図を図—2に示す。着目溶接部はカバプレート隅肉溶接で取付けた継手（ $l > 300\text{mm}$ ）（”a”部）（強度等級 G）およびガセット隅肉溶接した継手部（ $l > 100\text{mm}$ ）（”b”，”c”部）（強度等級 G）である。STEP1（後死荷重載荷時）と STEP2（後死

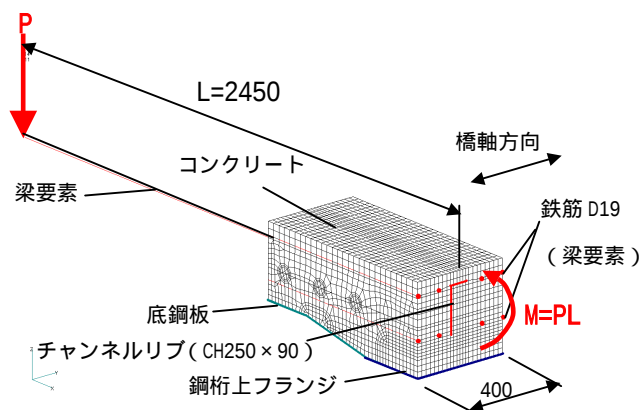
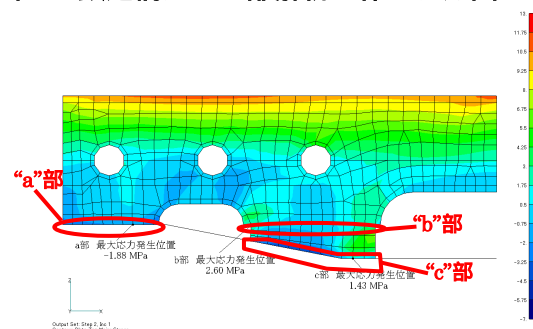
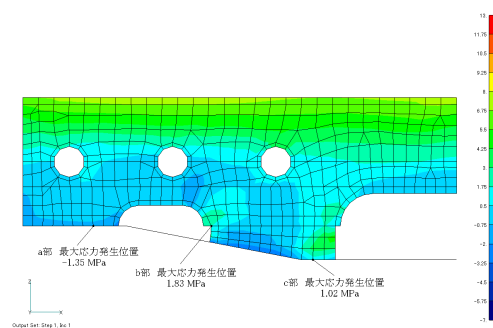


図-1 鉄道橋ハンチ部解析全体モデル図



(a) STEP 2（後死荷重+活荷重）



(b) STEP 1（後死荷重）

図-2 鉄道橋ハンチ部・チャンネル表面側最大主応力分布図(MPa)

キーワード: 合成床版, ハンチ部, FEM, 溶接継手, 疲労照査

連絡先 : \*1 〒478-8650 愛知県知多市北浜町 11 番地の 1 TEL0562-31-8344 FAX0562-31-8375

+活荷重) 載荷時について、着目溶接部に発生する最大主応力の最大値の差(応力範囲)を求めた結果を表—1に示す。表—1よりすべての着目溶接部において、応力範囲は強度等級ごとの一定振幅応力に対する打ち切り限界に収まっており、疲労耐久性を有することが確認できた。”a”部においては部分片振り圧縮状態にあるため、平均応力に対する補正係数<sup>1)</sup>として1.3を考慮した。

表-1 着目溶接部に生じる最大主応力 $\sigma_1$ の最大値一覧 (単位 MPa)

| 着目溶接部 | 板の表裏 | (STEP2)<br>(後死+活荷重) | (STEP1)<br>(後死荷重) | (STEP2) - (STEP1) | 打ち切り限界<br>(強度等級)    | 判定 |
|-------|------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------|----|
| “a”部  | 表面   | -1.88               | -1.35             | -0.53             | 32 (G) × 1.3 = 41.6 | OK |
|       | 裏面   | -1.13               | -0.77             | -0.36             |                     |    |
| “b”部  | 表面   | 2.60                | 1.83              | 0.77              | 32 (G)              | OK |
|       | 裏面   | 3.74                | 2.69              | 1.05              | 32 (G)              | OK |
| “c”部  | 表面   | 1.43                | 1.02              | 0.41              | 32 (G)              | OK |
|       | 裏面   | 0.34                | 0.28              | 0.06              | 32 (G)              | OK |

### 3) 解析結果と設計値の比較

上記モデルによる解析結果と式-1に示す終局曲げ耐力算定式<sup>2)</sup>を用いた限界状態設計法による設計値との比較を示す。

$$M_u = A_{st} \cdot f_{syd} \cdot d \left( 1 - P_t / 1.7 \cdot f_{syd} / f'_{cd} \right) \quad (\text{式 - 1})$$

ここで

$A_{st}$ : 軸方向鉄筋全断面積 ( $\text{mm}^2$ )  $d$ : コンクリートの圧縮縁より引張鉄筋中心までの距離 ( $\text{mm}$ )

$f_{syd}$ : 軸方向鉄筋の設計圧縮降伏強度 (MPa)  $P_t$ : 引張側鉄筋比

$f'_{cd}$ : コンクリートの圧縮強度 (MPa)

作用曲げモーメントと曲げ耐力の比に着目すると下記の通りとなる。

$$M/M_u = (75.44 \cdot 400 / 1000) / 232 = 0.13$$

STEP2 載荷時のコンクリート部主応力コンター図を図-3に示す。最大主応力の最大値は2.079MPa、最小主応力の最小値は-3.258MPaである。コンクリートの設計圧縮強度を30MPa、引張強度を3MPa(設計圧縮強度の1/10)とすると、最大主応力の最大値は引張強度以下に収まっており設計計算上は無視している引張側断面も有効であることがわかる。また最小主応力の最小値と設計圧縮強度の比を取ると下記の通りとなり、設計計算における作用曲げモーメントと曲げ耐力の比と同程度となっている。このことより、設計計算における曲げに対する断面耐力の計算はFEM解析結果に比較して安全側の結果を与えている。

$$(-3.258) / (-30) = 0.11$$

### 3. まとめ

FEM解析結果からハンチ部溶接構造は疲労上問題の無い構造であることが確認できた。その理由として下記の項目が挙げられる。

- ・ 解析結果より、溶接部に生じる応力範囲が小さい。
- ・ 溶接部がすべて断面の中立軸より下側の圧縮領域内に収まっている。

またコンクリート部の主応力に着目した結果より、設計計算における曲げに対する断面耐力の計算はFEM解析結果に比較して安全側の結果を与えていることが確認できた。

参考文献: 1) 社団法人日本道路協会:「鋼道路橋の疲労設計指針」, pp.24-27, 2002.3

2) 鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物

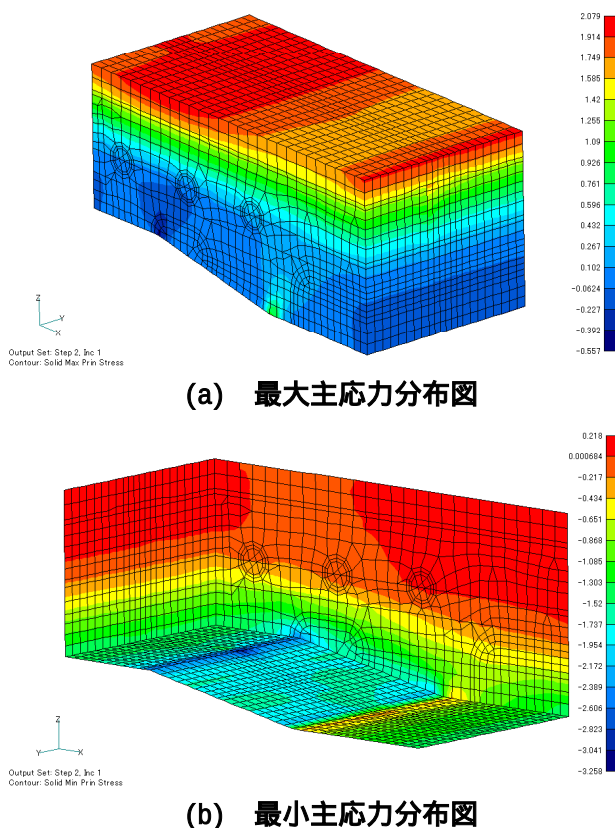


図-3 コンクリート部主応力コンター図