

## 鋼床版の横リブ高さおよびスカーラップ形状が疲労強度に与える影響

|          |     |    |    |          |     |     |    |
|----------|-----|----|----|----------|-----|-----|----|
| 阪神高速道路公団 | 正会員 | 高田 | 佳彦 | 日本橋梁建設協会 | 正会員 | ○夏秋 | 義広 |
| 阪神高速道路公団 | 正会員 | 流田 | 寛之 | 日本橋梁建設協会 |     | 松下  | 洋  |
|          |     |    |    | 関西大学     | 正会員 | 坂野  | 昌弘 |

## 1. はじめに

近年、開通から数十年経過した鋼床版橋梁において、疲労による亀裂が顕在化している。このような状況の中において、阪神高速 3 号神戸線の鋼床版 1 箱桁である神上下 S585 ~ 590 桁においても、バルブリップと横リブスカーラップ部のまわし溶接止端部を起点とした疲労亀裂が大量に発生した。損傷部位を写真-1 に示す。これらは、既にアングルを高力ボルトで設置することにより補修を完了している<sup>1)</sup>。

本報においては，神上下 S585～590 桁の疲労亀裂損傷を助長させた構造の因子について報告する．

## 2. 有限要素解析による比較検討

本橋における疲労亀裂損傷の原因を究明するために、図-1 に示す解析モデルを用いて疲労の発生した箇所の有限要素解析を実施した。解析にあたっては、横リブ高さおよびスカーラップ形状をパラメータとして、表-1 に示す3つのモデルの比較検討をおこなった。

疲労亀裂損傷が主だって発生している箇所は、輪荷重直下の縦リブと横リブの交差部である。したがって、その直上に輪荷重を載荷し、輪荷重直下のスカーラップまわし溶接部における止端部応力に着目することとした。

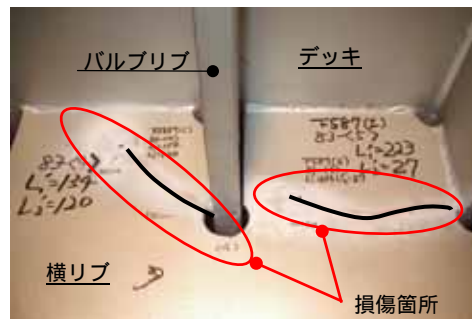


写真-1 損傷部位

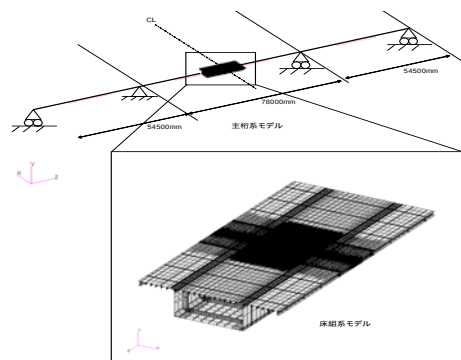
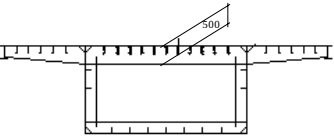
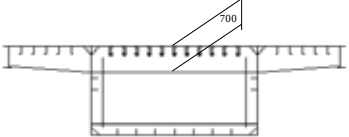
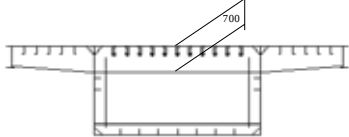
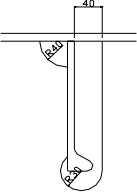
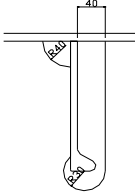
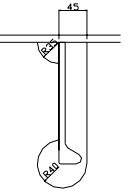


図-1 解析モデル

表-1 比較検討モデル一覧

|          | Model-1                                                                             | Model-2                                                                              | Model-3                                                                               |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 横リブ高さ    | 500mm                                                                               | 700mm                                                                                | 700mm                                                                                 |
| スカーラップ径  | R30                                                                                 | R30                                                                                  | R40                                                                                   |
| 横リブ概略構造  |  |  |  |
| スカーラップ形状 |  |   |  |
|          | 神 S585-590                                                                          | 神 S585-590                                                                           | 阪神高速道路公団標準図集 S55.4                                                                    |

キーワード 鋼床版，疲労，溶接止端部，ホットスポット

連絡先 〒550-0005 大阪市西区西本町 1-8-2 (三晃ビル 5F) TEL : 06-6533-3238

### 3. 解析結果

図-2 に Model-1～3 の応力分布図，表-2 に各モデルの解析結果および疲労照査結果を示す．20ton 車走行時の溶接止端部応力は Model-1 と Model-2 は同様の影響線となり，ホットスポットにおける応力範囲も同程度である．また，応力が集中するポイントはまわし溶接止端部となる．しかし，Model-3 においては，応力の集中するポイントが溶接止端部からスカーラップ円弧部に移行しており，溶接止端部のホットスポットにおける応力範囲が著しく低下する結果となった．JSSC 疲労強度等級では溶接止端部ホットスポットとスカーラップ円弧部の強度等級は F 等級と B 等級であり，200 万回基本応力許容範囲が 65MPa と 155MPa である．したがって，スカーラップの形状を変更させ応力の集中するポイントを移行させることが，耐疲労性を向上させる上で効果的な影響を及ぼすと言える．

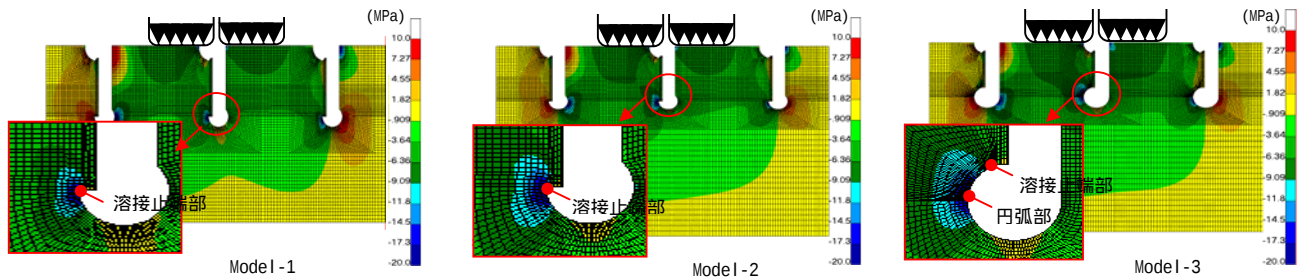


図-2 応力分布図

表-2 解析結果および疲労照査結果

|                               |                                                                          |                         | Model-1                    |       |       | Model-2                    |       |       | Model-3                    |       |       |                     |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|---------------------|
|                               |                                                                          |                         | ホットスポット                    | 4mm   | 10mm  | ホットスポット                    | 4mm   | 10mm  | ホットスポット                    | 4mm   | 10mm  | 円弧部                 |
| 解析結果                          | 最小表面応力                                                                   | $\sigma_{\min}$ (MPa)   | -76.3                      | -59.9 | -35.3 | -79.5                      | -62.9 | -38.2 | -7.4                       | -13.5 | -23.2 | -64.8               |
|                               | 最大表面応力                                                                   | $\sigma_{\max}$ (MPa)   | 1.1                        | 0.9   | 0.7   | 1.6                        | 1.3   | 0.9   | 0.1                        | 0.1   | 0.3   | 1.9                 |
|                               | 応力範囲                                                                     | $\Delta \sigma_d$ (MPa) | 77.4                       | 60.8  | 36.0  | 81.1                       | 64.2  | 39.1  | 7.5                        | 13.6  | 23.5  | 66.7                |
| 解析結果に基づく疲労照査 (荷重 20ton)       | 疲労評価位置                                                                   |                         | 溶接止端部ホットスポット <sup>*1</sup> |       |       | 溶接止端部ホットスポット <sup>*1</sup> |       |       | 溶接止端部ホットスポット <sup>*1</sup> |       |       | 円弧部                 |
|                               | 疲労強度等級                                                                   |                         | F                          |       |       | F                          |       |       | F                          |       |       | B                   |
|                               | $2 \times 10^6$ 回基本許容応力範囲 $\Delta \sigma_f$ (MPa)                        |                         | 65                         |       |       | 65                         |       |       | 65                         |       |       | 155                 |
|                               | 設計繰返し数 <sup>*3</sup> nt                                                  |                         | 2.2E+08                    |       |       | 2.2E+08                    |       |       | 2.2E+08                    |       |       | 2.2E+08             |
|                               | 走行位置補正係数 $\alpha_1$                                                      |                         | 0.807                      |       |       | 0.807 <sup>*4</sup>        |       |       | 0.807 <sup>*4</sup>        |       |       | 0.807 <sup>*4</sup> |
|                               | 設計応力範囲 $\alpha_1 \Delta \sigma_d$ (MPa)                                  |                         | 62.5                       |       |       | 65.4                       |       |       | 6.1                        |       |       | 53.8                |
|                               | 平均応力補正係数 $C_R$                                                           |                         | 1.3                        |       |       | 1.3                        |       |       | 1.3                        |       |       | 1.3                 |
|                               | 板厚補正係数 $C_t$                                                             |                         | 1.0                        |       |       | 1.0                        |       |       | 1.0                        |       |       | 1.0                 |
|                               | 安全係数 $\gamma = \gamma_b \cdot \gamma_w \cdot \gamma_i$                   |                         | 1.0                        |       |       | 1.0                        |       |       | 1.0                        |       |       | 1.0                 |
|                               | $2 \times 10^6$ 回基本許容応力範囲 (補正値) $C_R C_t \Delta \sigma_f / \gamma$ (MPa) |                         | 85                         |       |       | 85                         |       |       | 85                         |       |       | 202                 |
|                               | 疲労損傷度 $D_{100}$                                                          |                         | 44.24                      |       |       | 50.88                      |       |       | 0.04                       |       |       | 2.09                |
| 実橋計測 <sup>*2</sup> 結果に基づく疲労照査 | 応力頻度計測による疲労損傷度 $D_{\text{実測}}$                                           |                         | 31.05                      |       |       | ---                        |       |       | ---                        |       |       | ---                 |
|                               | 実測に基づく荷重 $W_{\text{RMC}}$ (ton)                                          |                         | 18                         |       |       | ---                        |       |       | ---                        |       |       | ---                 |
|                               | 実測に基づく荷重補正係数 $\alpha_2$                                                  |                         | 0.889                      |       |       | 0.889 <sup>*4</sup>        |       |       | 0.889 <sup>*4</sup>        |       |       | 0.889 <sup>*4</sup> |
|                               | 設計応力範囲 $\alpha_1 \alpha_2 \Delta \sigma_d$ (MPa)                         |                         | 55.5                       |       |       | 58.2                       |       |       | 5.4                        |       |       | 47.8                |
|                               | 疲労損傷度 <sup>*5</sup> $D_{100}$                                            |                         | 31.05                      |       |       | 35.71                      |       |       | 0.03                       |       |       | 1.46                |
|                               | 疲労寿命評価 <sup>*5</sup> (年)                                                 |                         | 3                          |       |       | 3                          |       |       | 100年以上                     |       |       | 68                  |

\*1: 溶接止端部ホットスポット応力は4mm, 10mmの応力から線形補間して求めた。

\*2: 実橋計測期間は2003.12.2～2003.12.4であり，期間中の高車交通量は6007台/レーン・日である。

\*3: nt算定において，大型車交通量は6000台/レーン・日，年数を100年とした。

\*4: Model-1における走行位置補正係数，実測に基づく荷重補正係数をModel-2,3に適用した。

\*5: 疲労損傷度の算定式:  $D_{100} = (\alpha_1 \alpha_2 \Delta \sigma_d)^3 nt / Co$ ，疲労寿命の算定式 (年):  $100 / D_{100}$ ， $Co = 2 \times 10^6 \cdot (C_R C_t \Delta \sigma_f / \gamma)^3$

### 4. まとめ

疲労に対して，横リブの高さの影響は小さく，スカーラップ形状の差異が疲労亀裂損傷に影響を及ぼす．また，溶接止端部に応力が集中しないスカーラップ形状にすることによって，疲労耐久性を向上させることが可能である．

### 謝辞

本研究は，阪神高速道路公団の「平成16年度鋼構造物の疲労損傷対策検討業務」の一環として実施したものである．本業務の実施にあたり「鋼床版の補修補強に関する検討会」を設立し，検討会メンバー各位に貴重な意見を頂いた．ここに謝意を表する．

### 参考文献

1) 今田，川上ら：鋼床版箱桁橋における横リブ亀裂損傷の補修検討，土木学会第59回年次学術講演会講演概要集，2004年9月．