

## 疲労損傷を有する鋼床版箱桁橋の全橋 FEM 解析による補強法に関する検討

大阪市立大学大学院 学生員 ○豊田雄介  
 阪神高速道路管理技術センター 正会員 高田佳彦  
 阪神高速道路(株) 正会員 米谷作記子

大阪市立大学工学研究科 正会員 山口隆司  
 阪神高速道路(株) 正会員 角和夫

## 1. はじめに

近年の鋼床版橋梁のバルブリブや U リブの溶接ルート部から発生する疲労き裂によって、橋梁の健全性が損なわれている。これらの疲労き裂は、放置すると、デッキプレートへ進展して路面のひび割れ等、車両走行安全性を大きく低下させる原因となっている。特に都市部を走る高速道路などの橋梁では、用地等の問題から架け替えが困難である場合が多く、このような損傷に対し、補強・補修を実施する必要がある。

本研究の対象は、阪神高速道路 3 号神戸線の明治工区にあるバルブリブを有する 3 径間連続鋼床版 1 箱桁である。本橋は 1967 年竣工で、当時の鋼床版の設計方法の不備のため、剛性の低い箇所や応力の集中箇所が多数存在している。本研究は、このような鋼床版に対し効果的な補強案を提案し、橋梁の耐久性を向上させ、疲労き裂の発生を抑制させることを目的としている。

## 2. 解析概要

## 2.1 FEM 解析モデル

図-1 に示すように対象橋梁 3 径間のうち、中央 1 径間をモデル化した。特に、着目する断面を中心とした 6 パネルを立体モデル（シェル・ソリッド要素）でモデル化し、その他は梁要素として単純化した。解析は、各材料を弾性とした弾性解析を行う。鋼材の弾性係数は  $E=2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比は 0.3、舗装の弾性係数は、10 月期を想定した標準的な値として  $E=1.5 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ <sup>1)</sup>、ポアソン比は 0.35 とした。

## 2.2 荷重条件

解析にあたって 200kN トラックを想定した輪荷重を載荷した。載荷位置は、橋軸方向にはトラック後軸の前輪が着目する横リブの直上とし、橋軸直角方向は、車両の走行頻度<sup>2)</sup>を参考にして、6 ケース設定した。

## 2.4 設定項目

箱桁断面内のバルブリブに図-2 のように番号をつけた。走行側から R1 とし、R11 までの計 11 存在する。

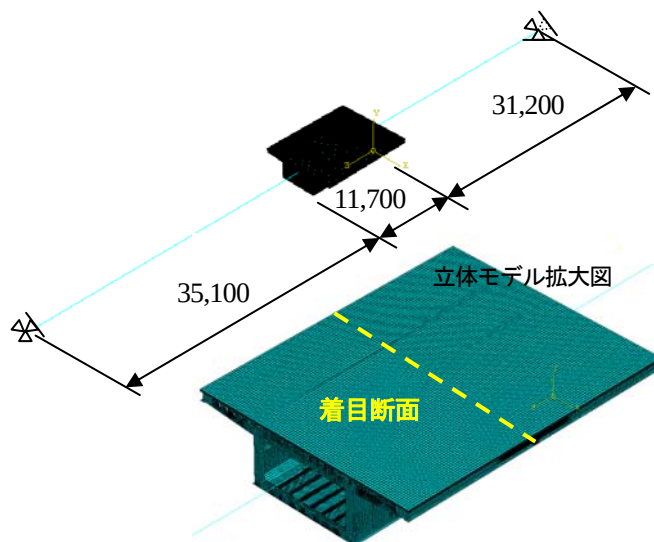


図-1 解析モデルの概要と要素分割状況

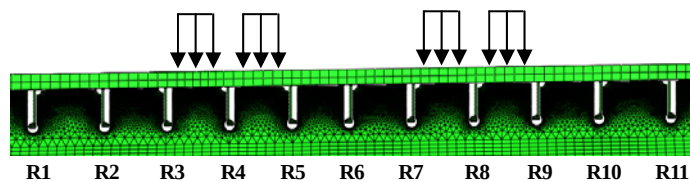


図-2 縦リブ番号と載荷位置

## 2.3 発生応力着目箇所

実際に疲労損傷が発生している箇所に着目し、該当する解析モデルの発生応力に着目する。図-3 に着目要素の詳細を示す。スリット上縁の溶接止端部の要素を着目要素 1、まわし溶接上部の要素を着目要素 2、まわし溶接下部の要素を着目要素 3 とする。各々、直応力に着目し、き裂の進展方向と直角方向の応力、つまり着目要素 1 では鉛直方向、着目要素 2,3 では水平方向の直応力に着目する。

## 3. 補強案の検討

補強案の検討にあたって 3 案を提案する。まず 1 つに、図-4 の(a)に示すように主桁の上下の横リブに対して鉛直に対傾構を設置する縦対傾構案、2 つ目は図-4 の(b)に示すように縦リブと横リブの交差部のスリットを閉塞するスリット閉塞案、そして(a)と(b)の 2 案を併用した案である。なお、スリットの閉塞は全縦リブのスリット部に適用するとした。

キーワード バルブリブ 疲労損傷 FEM 解析 補強案

連絡先 〒558-8585 大阪市立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 橋梁工学研究分野 TEL&FAX 06-6605-2765

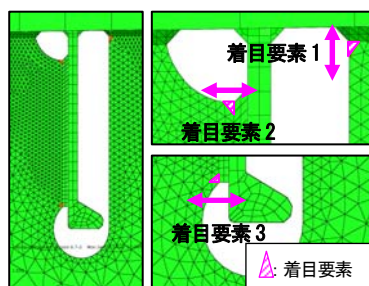
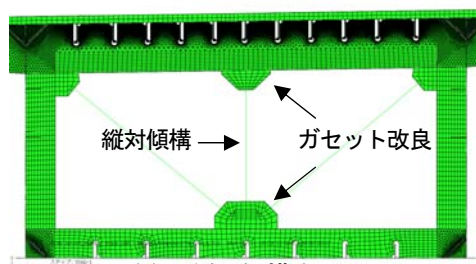
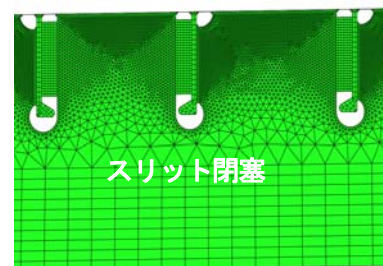


図-3 発生応力着目箇所

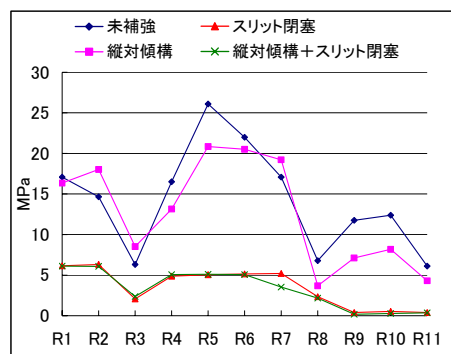


(a) 縦対傾構案

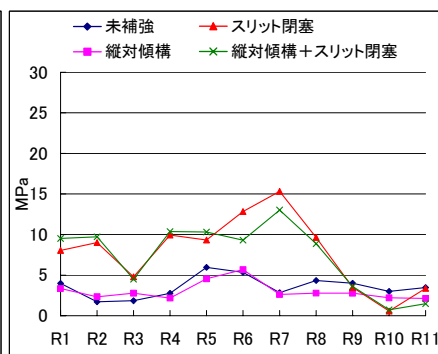


(b) スリット閉塞案

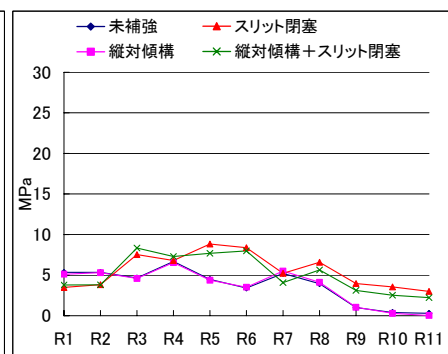
図-4 補強案



(a) 着目要素1（鉛直応力）



(b) 着目要素2（水平応力）



(c) 着目要素3（水平応力）

図-5 着目要素の発生直応力範囲

#### 4. 解析結果

載荷位置を変えて得られた各着目要素の発生応力値から、図-5に示すように直応力範囲を算出した。

着目要素1では、R3~R6に顕著に疲労き裂が発生している。図-5(a)より、中央部で応力が高い傾向にあり、現状の疲労損傷状況を再現できていることがわかる。補強案については、縦対傾構案は未補強の場合と比べ、全体的にやや応力値が下がる傾向にあるが、スリット閉塞案・両案併用案に比べると、その効果は小さいことがわかる。また、スリット閉塞案と両案併用案では顕著な差が見られないことから、着目要素1に対する補強案として、スリットを閉塞することが疲労き裂にとって有効であると考えられる。

着目要素2では、現状において疲労き裂はあまり発生していない。図-5(b)より、未補強では5MPa程度と発生応力が小さく、妥当であると考えられる。縦対傾構の効果はあまりみられないが、スリットを閉塞することで、未補強より更に発生応力が高くなり、現状の疲労き裂状況を悪化させる可能性が考えられる。

着目要素3では、R3~R6、R9に顕著にき裂が発生している。(c)より、発生応力がいずれの案においても10MPaと低く、補強案による差異はあまり見られない。

#### 5. まとめ

着目要素1において、スリットを閉塞することで発生応力の低減が見込めるため、補強案として効果的であることが分かった。しかし着目要素2のように、他の箇所において疲労き裂状況が悪化する可能性がある。一方、縦対傾構案は着目要素1の発生応力が全体的に低減し、特にピーク値は約2割程度減少している。着目要素2、3においては未補強と変わらず、スリット閉塞案のように応力が上昇する可能性がない。

以上より、提案した3案では、縦対傾構案が疲労き裂に効果的であると考えられる。

#### 6. 今後の課題

スリットを閉塞するにあたり、本解析では全面のスリットを閉塞した。今後は一部のスリットを閉塞する案を検討するとともに、もしくは新たな案を提案することにより、いずれの着目要素に対しても効果的かつ現場の施工についても勘案した補強案を提案する。

**参考文献** 1)三木千壽・菅沼久忠・富澤雅幸・町田文孝：鋼床版箱桁橋のデッキプレート近傍に発生した疲労損傷の原因，土木学会論文集，第780号，p.57-69，2005年1月，2)阪神高速道路管理技術センター，鋼橋の長寿命化検討他業務，2009年8月