

鋼床版曲線橋の曲率および横勾配が疲労損傷に与える影響に関する一検討

名城大学大学院 学生会員 ○高 陽
 名城大学 学生会員 早川 伯彦

名城大学 フェロー 葛 漢彬
 河海大学 傳 中秋

1. 研究の背景と目的

鋼床版桁橋は不規則な支間割れ, 限られた桁下空間や様々な架設工法などの要求される条件に合わせた構造形式を選定できる. これは複雑なインターチェンジに見られる, 曲率の大きな曲線や急激な幅員変化など, 平面的な変化に対応できるので, 曲線橋によく採用されている.

近年, 曲線橋の疲労損傷が多数報告されており, その数は年々増加傾向にある. 一部の疲労き裂には未だに原因が特定できず, 的確な診断や対策ができない箇所が存在する. そのため, 本研究では, 全橋レベルで FEM 構造解析を行った上で, 曲線橋の曲率および横勾配が疲労損傷に与える影響を検討する.

2. 解析条件

解析対象は, 中央支間 223.6m, 幅員 12.9m の三径間連続鋼床版箱桁橋で, 図-1 に示すような断面を有し, 対象橋梁の 3 径間の全てを含んだモデルになっている. 箱桁にシェル要素を用い, Abaqus を利用して疲労解析を行った. 鋼種は SS400 を採用し, 弾性係数は 206GPa, ポアソン比は 0.3, 密度は 7850kg/m^3 とした. アスファルト舗装の荷重の分散作用を考慮するためにソリッド要素を用い¹⁾, 弾性係数は 1000MPa, ポアソン比は 0.3, 厚さは 80mm である. 図-2 にシェル要素とソリッド要素から成った全橋モデルを示す.

全橋モデルは長さが 6050mm の局部モデル (37 個) を組み立てている. 各部材 (横桁, U リブ, 縦リブ) の接続は溶接やボルト接合などを考慮しない. 図-3 に示すように, 局部要素サイズを 1mm, 10mm および 300mm としたモデルを作成した. 支点条件は, 実橋に合わせ, 可動と固定とした.

3. FEM 解析

疲労原因特定の解析を行うには, 鋼床版独特の異方性板としての膜作用のみならず, 主桁作用から考慮していく必要がある¹⁾. そこで, 橋梁の全体挙動を調べるために FEM による数値シミュレーションを実施した.

道路橋示方書²⁾ が示す疲労照査用荷重の T 荷重では, デッキプレート付近の箇所で, 25t トラック車両に用いられるタイヤから, 図-4 に示すように荷重形状を設定することとして, 実際に疲労き裂が生じている箇所の発生応力に着目する. また, 鋼構造物の疲労設計指針・同解説³⁾ に従って荷重は 98kN とした.

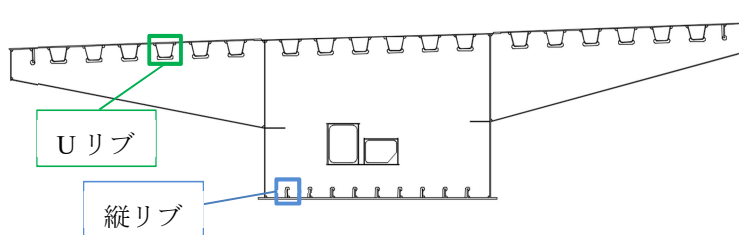


図-1 対象橋梁の断面図

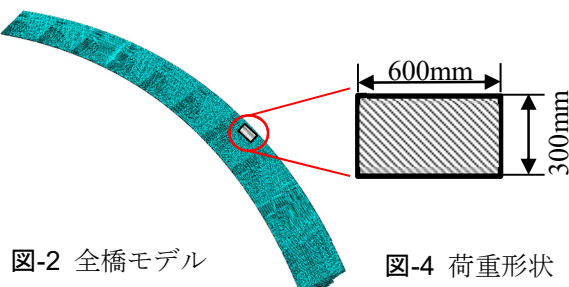


図-2 全橋モデル

図-4 荷重形状

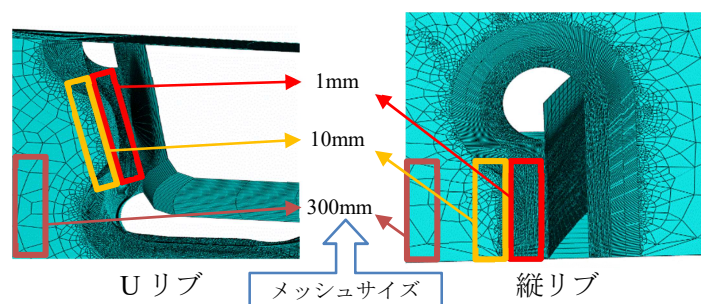


図-3 メッシュ分割状況

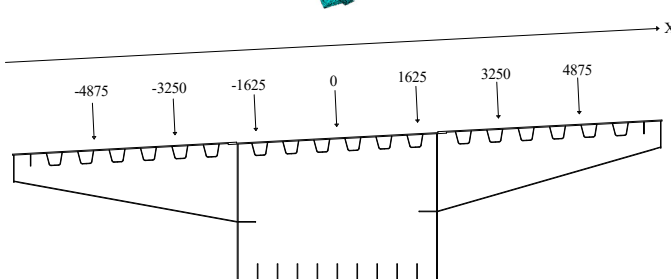


図-5 荷重位置

7つの荷重位置は図-5に示し(数字はX軸の座標値), 荷重はデッキプレートに垂直して与えられた。本研究では曲線橋の曲率と横勾配が疲労損傷に与える影響を検討するために, 曲率と横勾配を変動させて解析を行った。曲率をパラメータとする場合の横勾配が5.06%で, 中心角が大きくなると半径が小さくなり曲率は大きくなるので, 0° (直橋の場合), 36.6° , 51.6° , 66.6° , 81.6° の違いによる影響を比較する。横勾配をパラメータとする場合の曲率を 36.6° として, 実橋での横勾配が0.158%~6%であるため, 横勾配が3%, 4%, 5.06%および6%の時の違いによる影響を比較する。なお, 5.06%は実橋中間支点上でのダイヤフラムの横勾配である。

4. 解析結果

曲率の影響についての解析結果の一部を図-6に示す。横桁に沿った方向でデッキプレート表面に生じた応力を抽出すると, 曲率が大きいほど応力も大きくなる事が分かる。また, 応力は荷重部で最大値に達し, 荷重部両側で急速に減少し, ほぼ0になった。図を見ると応力が一番大きい箇所は $X=1625$ の位置であった。

横勾配の影響についての解析結果の一部を図-7に示す。各荷重部における応力変化は, 横勾配が大きいほど, ピーク値が大きくなる事が分かる。両側の応力の不連続現象は, メッシュ分割が不十分の可能性があり, 再検討が必要である。

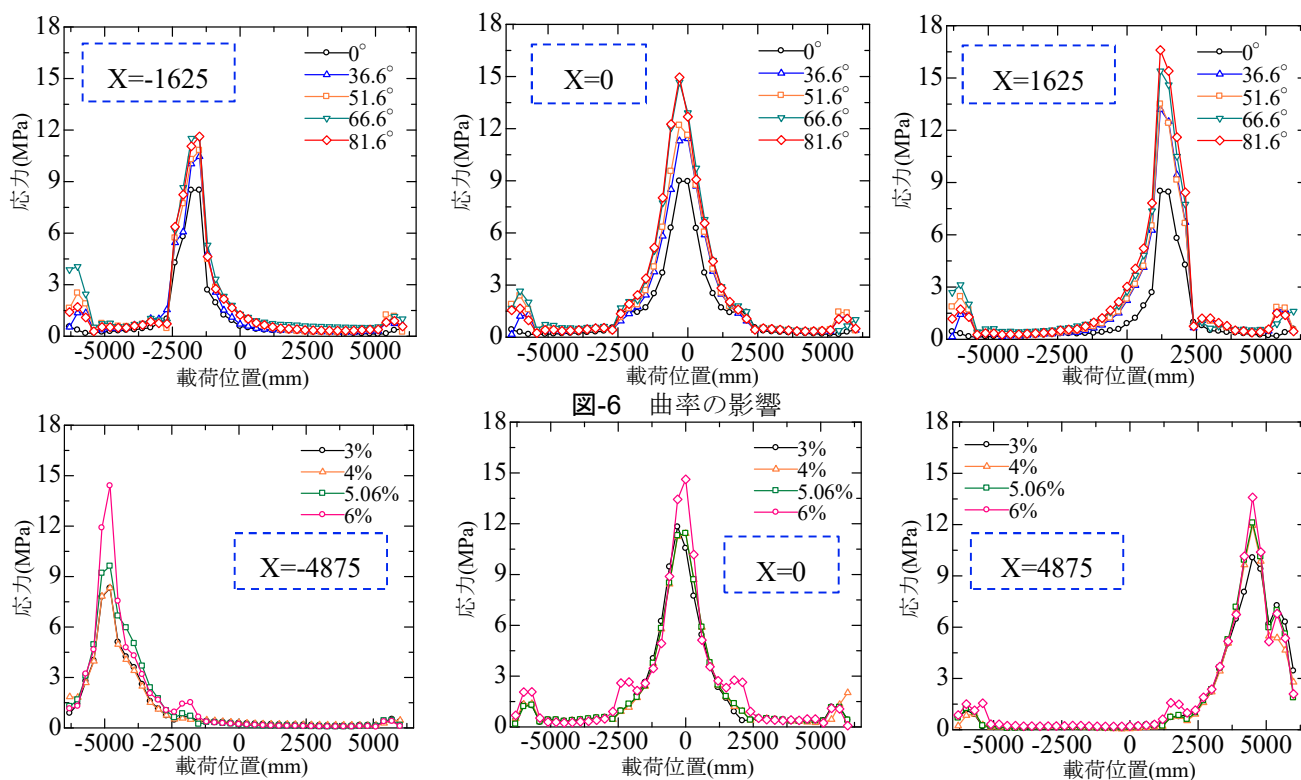


図-6 曲率の影響

図-7 横勾配の影響

5. 結論

本研究では, 疲労き裂の発生箇所における荷重条件や各部位の応力状況, 部材の種類, 構造詳細等を十分に把握した上で, 全橋のFEM構造解析を行い, 曲線橋の曲率および横勾配をパラメータとし, それらが疲労損傷に与える影響を検討した。解析結果を比較すると, 曲率と横勾配が大きいほど, デッキプレート表面での応力が大きくなる事が分かる。表面に生じた応力が一番大きい箇所は $X=1625$ の位置であり, その箇所でき裂は発生しやすいと分かった。実橋に発見されたき裂発生状況と一致しているので, $X=1625$ 付近で応力低減効果が期待できる対策を講じる必要がある。

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, No.780/I-70, pp.57-69, 2005.1.
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 (I共通編・II鋼橋編), 2012.4.
- 3) 日本鋼構造協会: 鋼構造物の疲労設計指針・同解説, 2014.3.