

I-192

鋼床版の変位誘起疲労の発生メカニズム

東京工業大学 学生員 石原 謙治
 東京工業大学 正 員 三木 千壽
 東京工業大学 正 員 館石 和雄
 東京都港湾局 正 員 高木 千太郎

1. はじめに

最近鋼床版の疲労損傷事例が多数報告され始めている。とくに設計時には考慮されない横リブウェブをはじめとする部位で損傷が確認されていることは注目に値する。この種の疲労は、輪荷重の通過の度に横リブが梁として面内及び面外に曲げられることにより生じる局部応力が原因と考えられる。ここではこれを変位誘起疲労と呼ぶことにする。ところが面外変形挙動はまだ十分に把握されていない。そこで実測応力データをもとにして、横リブウェブの変位誘起疲労につながると考えられる変形の推定を行った。

2. 応力の実測

実測応力データは、都内の2つ鋼床版橋(図1)で試験車(3車軸トラック)を走行させて得たものを使用した。A橋は縦リブにパルププレート、B橋はUトラフを用いた鋼床版橋である。また歪ゲージは(図2)に示す位置に設置した。

3. 応力影響線の算出

ただし、実測値は各車軸が着目点に及ぼす応力の和に過ぎず、1軸ごとの応力挙動は必ずしも明かではない。

従って実測応力値をもとに逆解析で応力の影響線を計算した。応力影響線 $I(x)$ を $I(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_5x^5$ (ただし a_n : 未定係数 x : 載荷位置) としたとき、実測応力波形 $f(x)$ は第 n 軸目の軸重 p_n 、第1・2軸及び第1・3軸の軸間距離 $l_1 \cdot l_2$ を用いて

$f(x) = p_1 I(x) + p_2 I(x - l_1) + p_3 I(x - l_2)$ で表すことができる。この式に最小2乗法を適用し未定係数を定めることにより応力影響線を求めた。

解析結果を(図3)に、また精度の確認として、影響線を再合成して得た波形と実測応力波形との比較を(図4)に示す。ただしグラフの x 軸は測定を行った横リブからの橋軸方向距離を示すもので、横リブ直上を原点に定めている。(図4)より実測応力と影響線の合成波形とはほぼ一致しており、今回用いた影響線算出手法は適切であったと考えられる。横リブウェブについて面外方向変

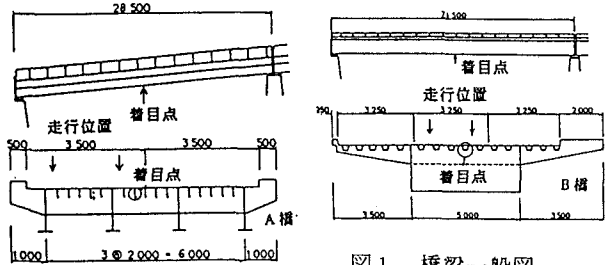


図1 橋梁一般図

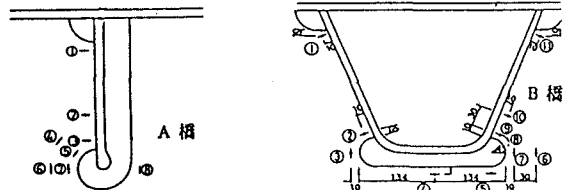


図2 ゲージ位置

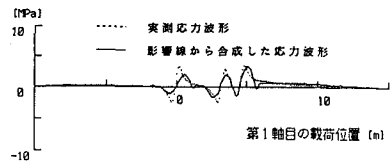


図3 実測応力波形と影響線より合成した応力波形

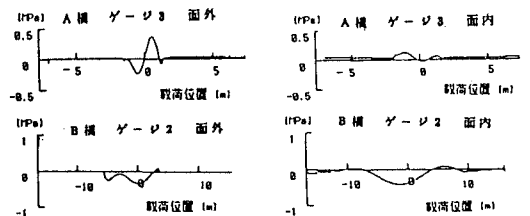


図4 応力影響線波形

位による応力を橋種で比較すると、A橋の場合横リブ直上を境にして応力の符号が逆転しているが、B橋ではその傾向は見られない。また面外方向変位による応力と面内方向変位による応力とはほぼ同等であることがわかる。

4. 変位誘起疲労に結び付く面外変形の推定

そこで変位誘起疲労の原因である横リブウェブの面外変形の推定を行った。まず発生の可能性のある基本変形モードを（図5）のように設定し、それぞれのモードに対して各ゲージ位置に生じる応力をFEM解析により算出した。このとき横リブ全体を解

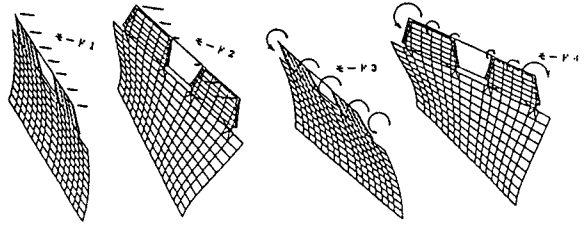


図5 基本変形モード

析モデルとした場合、計算機の記憶容量、解析時間等の問題が生じるため、FEMモデルを横リブの一部に限定して計算を行った。ただし横リブが連続していることを考え、側辺にはZ軸方向の軸バネとY軸方向のねじりバネを設けた。また横リブ下フランジは充分剛であるとし、ここでの全自由度を拘束した。いま載荷位置xに於て横リブの応力影響線波形 $f(x)$ が各モードによる応力の線形和で表せると仮定すると、

$$f(x) = a_1 s_1 + a_2 s_2 + a_3 s_3 + a_4 s_4$$

となる。ただし、 a_n は未定係数、 s_n はモードnにより生じた応力である。

この式に最小2乗法を適用して未定係数を決定することにより、各測定位置に生じる応力に対して支配的な基本変形を推定した。

解析結果について実測応力値と回帰値との相関係数は0.8以上であり、回帰計算の精度は良好であった。（図7）より縦リブとの交差部近傍（A橋のゲージ3，B橋のゲージ2）ではモード2・4が支配的である。

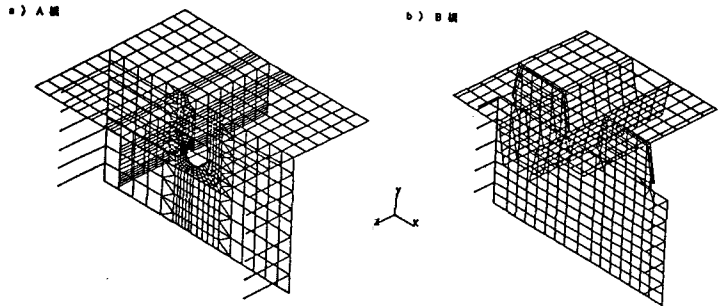


図6 FEMモデル

モード1から4までの変形は、輪荷重の通過に伴い横リブとデッキプレートとの接合部分に生じる回転変位を縦リブが拘束するために起こると思われる。

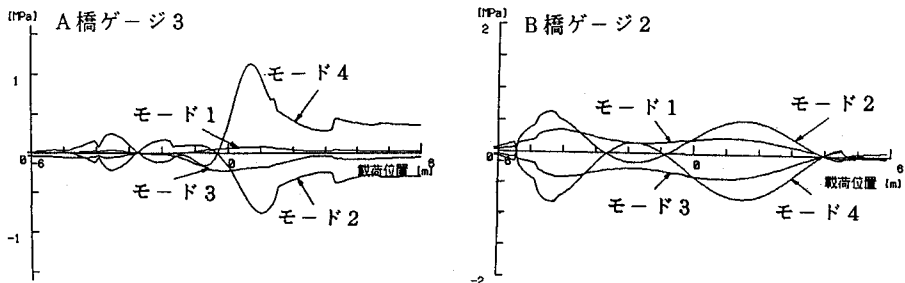


図7 モード別応力影響線

5. おわりに

実測応力データから応力影響線を求めることにより、変位誘起疲労につながる面外変形をある程度把握できた。鋼床版の設計の際に面外方向変位による応力を照査するのは困難であることから、変位誘起疲労の防止策としては構造ディテールの改善を行なうことが最も現実的であろう。