

(I-19) 実測たわみおよび振動数から 推定される橋桁の剛性について

東洋大 学正員○野沢 靖 東洋大 正員 新延泰生 東洋大 正員 矢島基臣

1. まえがき

実測されたたわみや動的試験から得られる固有振動数をもとにして現橋桁の剛性を推定することは橋梁の維持管理のうえからますます重要となるものと考えられる。本研究では実際の橋梁を例にとり、床版打設時の鋼桁のたわみの実測値から床版打設過程における橋桁の剛性推定を感度解析手法を用いて求めた結果と、動的試験から得られた固有振動数をもとに検討した橋桁の剛性について述べている。なお、床版打設時の鋼桁のたわみにもとづく橋桁の剛性については一昨年の土木学会でその一部について発表している¹⁾。

2. 感度解析による剛性推定方法

感度解析による剛性推定方法についての詳細は一昨年の土木学会で発表しているのでここでは簡単に述べるにとどめる。

剛性の変動が予想される要素の剛性変動率を β ％、解析変数を要素断面二次モーメント I にすると次式が得られる。

$$V_j = V_{j0} + \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{\partial V_j}{\partial I_i} \right\}_0 I_{0i} \frac{\beta_i}{1 + \beta_i} \quad (1)$$

ここに、 V_j は j 節点での実測たわみ、 V_{j0} は基本構造系（剛性 I_{0i} ）で計算された j 節点でのたわみである。 $\{\partial V_j / \partial I_i\}_0$ は基本構造系に対する感度係数ベクトルで以下の式で求められる。

$$[K] \left[\frac{\partial V}{\partial I_i} \right] = - \left[\frac{\partial K}{\partial I_i} \right] \{V\} \quad (2)$$

ここで、 $[K]$ は剛性マトリクス、 $\{V\}$ は変位ベクトルを示す。

基本構造系に所定の荷重を作用させ、 V_{j0} および感度係数を計算し、実測たわみ V_j をもとに式(1)より剛性変動率 β を算出すれば推定剛性値が $I_i = (1 + \beta_i) I_{0i}$ と求められる。

3. 実橋への適用例

3. 1 川島橋の概要

実橋への適用例として、非合成桁橋である川島橋を取り上げ、実際に測定された鋼桁の変位データを

もとに床版の施工段階における主桁の剛性を推定する。以下に、川島橋の概要を示す。

橋の名前	川島橋（一等橋）
所在地	茨城県下館市大字下川島地先国道50号
道路規格	第3種1級
橋長	4径間連続非合成鋼桁橋×2連
橋幅	$L_b = 43.9 \text{ m}$
支間長	$L_s = (4 \times 5.4 \text{ m} + 7.5 \text{ m} + 2.19 \text{ m} \times 2) \times 2 \text{ 連}$
斜角	右7°9'00"00"
勾配	縦断勾配1.54、横断勾配2.54
舗装	アスファルトコンクリート舗装、車道部 $t = 80 \text{ mm}$ 、歩道部 $t = 30 \text{ mm}$
床版	鉄筋コンクリート床版 $t = 240 \text{ mm}$

川島橋は、四径間連続桁橋で、橋面積も大きく床版コンクリート打設量が多大となるため、一度に全長打設することは困難であり、橋をいくつかのブロックに分けて打設するブロック別打設方法を採用している。ブロック割は図-1に示す通りで、A→B→Cの順に打設を行った。床版の施工段階における主桁の剛性は未知であり、その剛性を推定しようとするのがここの目的である。

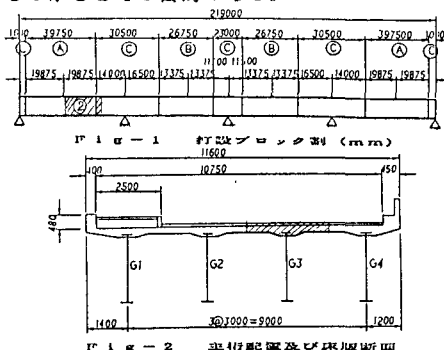


図-1 川島橋のブロック別打設計画（キャンパー）

3. 2 床版打設時のたわみ（キャンパー）

たわみの測定値としては、鋼桁の床版の施工段階における、たわみ変化量を用いる。床版施工段階と各段階におけるG3桁に作用する荷重は、1. 鉄筋組立、0.375 tf/m、2. Aブロック打設、1.514 tf/m、3. Bブロック打設、1.514 tf/m、4. Cブロック打設、1.514 tf/m、5. 地覆、歩道、壁高欄等 0.029 tf/mである。床版コンクリート体積は3.122 m³/mである。剛性推定は上記の5つのステップに分けて行う。各ステップのたわみ測定値に支点上の変位をその区間で比例分配し、測定値より除去したたわみ補正值を用いて比較するステップ間のたわみ変化量を図-3の破線で示している。なお、たわみ測定値は精度が比較的良好なG3桁を取り上げている。

3. 3 橋桁の剛性推定

推定された I の妥当性を検討するために、 I をもとにたわみを計算し、実測たわみと比較したものを図-3の実線に示す。

3. 4 動的試験から得られる基本固有振動数と橋桁の質量および剛性との関係

試験車（重量15.45 tf）がG 3 桁上を速度40km/hで走行した時の加速度の波形より求めた平均基本固有振動数は2.59Hzである。

等支間の四径間連続桁橋の基本固有振動数は等断面桁に近い場合は十分な精度で

$$f_1 = \frac{\pi}{2L^2} \sqrt{\frac{EIg}{\rho A}} \quad (3)$$

で表わされる。 L は支間長、 E 、 I 、 A 、 ρ はそれぞれ橋桁の曲げ剛性、断面積、単位体積重量を示し、 g は重力加速度を表す。川島橋の場合、要素②の断面を有する等断面桁として、式（3）より、

$$\frac{I}{A} = 0.1388 f_1^2 \quad (4)$$

を得る。 $f_1=2.59\text{Hz}$ （実測値）として式（4）の I と A の関係を図示したものが図-4である。図-4は I と A とがこの直線上にあるならば $f_1=2.59\text{Hz}$ となることを示している。

3. 3で得られる橋桁の剛性から床版との合成作用はほとんどなく床版ブロック別打設後の橋桁の剛性は鋼桁の剛性のみと考えられ、この場合の I と A は図-4で点Pに対応する。一方、動的状態では、床版との合成作用がないものとした場合は点Qで、合成作用を考慮する場合は点Rで表示される。点Rに対して地覆、歩道、壁高欄の剛性を考慮すると点Sに移動する。

以上から動的試験より得られる基本固有振動数から検討すると舗装前の橋桁の剛性は合成作用を考慮した場合で、さらに地覆、壁高欄などの剛性を考慮したものに近い。しかし、固有振動数の測定誤差を±20%とすると、推定される剛性は±40%の範囲で変動することを考えると固有振動数の測定にはかなりの精度が要求されよう。

4. まとめ

床版をブロック別打設施工していく段階での鋼桁のたわみをもとにして床版打設後の橋桁の剛性を感度解析手法を用いて推定し、また舗装前の動的試験

より得られた基本固有振動数をもとに完成系に近い橋桁の剛性を検討した。たわみおよび基本固有振動数の実測値の信頼性、たわみに対する温度変化の影響、また橋桁に作用する荷重算定方法などにやや問題があるが、橋桁の剛性評価ができた。静的な挙動および動的な挙動の両面から橋桁の剛性を検討したが、動的な挙動では剛性の他質量が関係し、とくに鋼桁と同位相で振動する床版他の部分の質量がそれほど明確ではないので基本固有振動数のみからは橋桁の剛性推定が困難である。今回は床版打設後と舗装前の完成系に近い橋桁の全体的な剛性を推定したが、維持管理の面からは局部的な剛性変動が主問題となる。これに対しては基本的な手法を昨年の土木学会で発表している²⁾。今後はさらに実橋を対象にし検討を進めていきたい。

最後に本研究の機会を与えていただいた関係各位に謝意を表します。

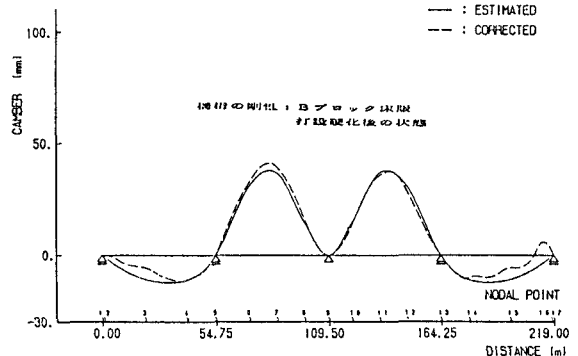
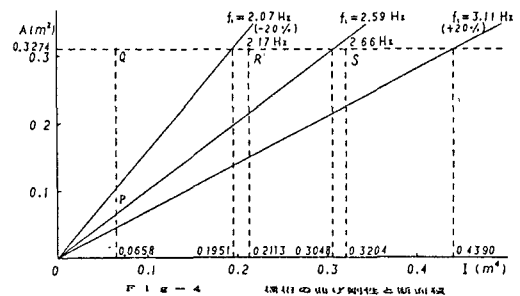


Fig. 3 ESTIMATED CAMBER OF STEEL GIRDER G₃ ON STEP 2-4



参考文献

- 1) 実松・榎本・新延・矢島：感度解析手法による床版打設時のたわみにもとづく橋桁の剛性評価、第41回土木学会、1986年11月
- 2) 植野・新延・矢島：感度解析による剛性推定のモデル実験、第42回土木学会、1987年 9月