

## 経年劣化した既設鉄道橋支承部の水平移動機能の同定手法に関する 2, 3 の考察

大阪市立大学大学院 学生員 ○杉本 悠真  
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 木村 元哉

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 坂田 鷹起  
大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

## 1. 研究背景及び研究目的

近年、支承部材の断面欠損や錆による固着が原因となり、下フランジやソールプレート溶接部に疲労亀裂が発生する事例が報告されている。また、支承部の挙動が橋梁の耐荷力に大きく影響することも知られており、支承健全度の簡易評価手法の確立が求められている。文献 1)では、支承部に生じる水平反力を求めるために、梁理論または 2 次元弾性論から導出された 2 種類の算定式が提案されている。

本研究では、標準桁が使用される鉄道橋に着目し、文献 1)の算定式の精度を FEM 解析により確認し、実橋計測の再現について検討を行う。

## 2. 解析モデル

算定式の精度を確認するため、汎用有限要素解析プログラム ABAQUS<sup>2)</sup>を用いて、弾性有限変位解析を行った。解析モデルは図-1 に示すように、実橋計測で対象とする橋梁の 1 主桁をモデル化した。桁端部下フランジ、ソールプレート、下沓をソリッド要素で、他の部材はシェル要素でモデル化し、材料係数は鋼材の標準値のヤング率 200GPa、ポアソン比 0.3 とした。要素分割は支承部近傍にてメッシュサイズ 10mm で分割した。また、実橋計測で载荷する荷重を図-1(a)のように上フランジに载荷する。対象橋梁は可動、固定側のいずれも図-2 に示す小判沓で線支持されているため、解析ではこれらの形状を再現(図-1(b))し、ソールプレート下沓間に ABAQUS で用意されている接触機能を用いて接触面を設定した。この接触面の摩擦

係数を変化させ解析ケース、A05-B05, A1-B05, A1-B1 の 3 ケース作成した。ケース名の A, B の後に続く数字はそれぞれ A 側, B 側の摩擦係数で、A1-B05 の場合は A, B の摩擦係数が 1, 0.5 である。

3. 既往の簡易算定式<sup>1)</sup>とその精度

初めに、主桁下フランジの実測ひずみから水平反力を得るために、梁理論から導出された式(1)を示す。

$$P = \frac{E_s I}{y^2 + r^2} \left( \frac{My}{E_s I} - \varepsilon \right) \quad (1)$$

ここで、

$P$  : 支承部の水平反力 (kN)

$\varepsilon$  : 下フランジひずみ実測値

$M$  : ひずみ測定断面での曲げモーメント (kNm)

$E_s$  : 鋼桁のヤング係数 (200 GPa)

$I$  : ひずみ測定断面の桁の断面二次モーメント (m<sup>4</sup>)

$y$  : 中立軸と桁下フランジ下面までの距離 (m)

$r$  : 断面二次半径 (m)

次に、2 次元弾性論から導出された式(2)を示す。誘導にあたり、支点部を原点とした半無限扇形板を仮定している。なお式(2)中の  $r$  は断面二次半径ではなく、支点位置から測定点までの距離を表している。

$$P = a(r)\varepsilon(r) + b(r)R \quad (2)$$

ここで、

$\varepsilon(r)$  : 支点から  $r$  (mm)離れた下フランジ実測ひずみ

$R$  : 支承部に発生する鉛直反力(kN)

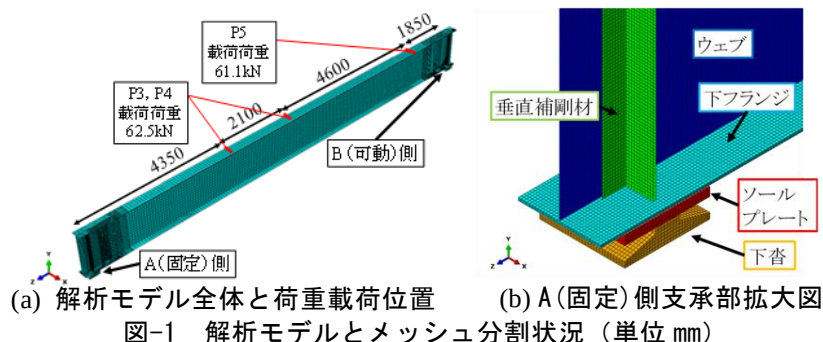


図-1 解析モデルとメッシュ分割状況 (単位 mm)



図-2 対象橋梁の支承部

キーワード：鉄道橋，支承，維持管理，点検

〒558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本 3-3-138 TEL・FAX：06-6605-2188

但し、 $a(r)$ 、 $b(r)$ は測定位置  $r$  と主桁の構造諸元から決まる定数であり、紙面の都合によりここでは記載しない。詳細は文献 1)を参照されたい。

表-1 に各算定式と解析それぞれから得られた水平反力とその割合を示す。表中の橙色は誤差が 10% 以内であることを表している。

式(1)より算出された水平反力で、ひずみ測定点が支点部から 300mm の場合は精度が悪い。これは 300mm 位置で梁理論が成立しないためである。また、式(2)で算出した水平反力で、ひずみ測定点が支点部から 600mm の場合は精度が悪い。これは、図-3 に示すように支点部から 600mm 位置で半無限扇形板の仮定が成立しないためである。

以上より、対象橋梁では、ひずみ測定位置は支点部から 300mm で、式(2)により水平反力を導出した場合が最も精度が良いといえる。

4. 実橋計測および再現解析

対象橋梁は、全長 13360mm の 2 主桁橋であり、図-2 のように支承部に目立った腐食は見られない。

実橋計測での測定箇所は図-4 のように、支点部から 300mm 位置の下フランジ、腹板軸方向ひずみ、および各支点部の水平変位とした。そして、下フランジ実測ひずみから式(2)より求めた水平反力と可動支承部の摩擦係数は、それぞれ 51.6kN、0.495 となった。そこ

表-1 各算定式および解析から得られた  
水平反力およびその精度

| 解析ケース                    |               | A05-B05    |        | A1-B05 |        | A1-B1  |        |
|--------------------------|---------------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ひずみ測定点(支点からの距離)          |               | 300mm      | 600mm  | 300mm  | 600mm  | 300mm  | 600mm  |
| 実測ひずみより算出した<br>水平反力とその精度 | 式(1)<br>(梁理論) | (kN) 46.66 | 42.91  | 60.54  | 55.59  | 96.68  | 88.68  |
|                          |               | (%) 117.08 | 107.66 | 118.71 | 109.02 | 121.31 | 111.27 |
|                          | 式(2)          | (kN) 37.49 | 22.25  | 48.30  | 35.38  | 76.43  | 69.62  |
|                          | (2次元弾性論)      | (%) 94.09  | 55.83  | 94.71  | 69.38  | 95.90  | 87.36  |
| 解析での水平反力                 |               | (kN) 39.85 |        | 51.00  |        | 79.70  |        |

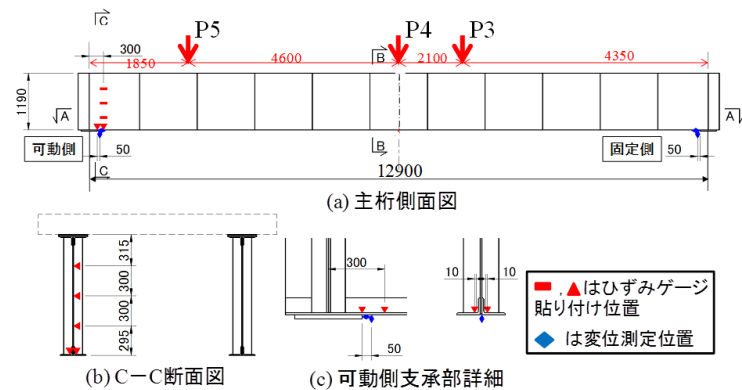


図-4 対象橋梁の主桁図面および測定位置(単位 mm)

で、A1-B05 の解析ケースの結果と実測値を比較する。

図-5 に支点部から 300mm 位置のひずみ分布、図-6 に各支点の水平変位を示す。図よりひずみ分布は解析値と実測値でよく整合したが、支点部の水平変位は可動側で解析値が実測値より約 8 倍大きくなった。これは、桁上部にある軌道の剛性および境界条件が影響していると考えられ、今後さらなる検討が必要である。

5. まとめ

以下に本研究から得られた結果をまとめる。

- (1) 対象橋梁の主桁諸元では、支点部から 300mm 位置の下フランジひずみを式(2)に代入することで水平反力を精度よく求めることができる。
- (2) 実測ひずみから式(2)を用いて導出した摩擦係数を解析モデルに与えると、ひずみ分布は精度よく再現できた。しかし、水平変位は異なる値を示し、桁上部の軌道の剛性および境界条件を考慮する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 岩崎正仁, 出戸秀明, 兼子清, 宮本裕, 上野大介: 支点状態を考慮した既設鋼板橋の簡易健全度評価に関する一考察, 土木学会, 構造工学論文集 Vol.53A p727-p738, 2007.3.
- 2) DASSAULT SYSTEMS : ABAQUS Analysis User's Manual, Ver.6.16

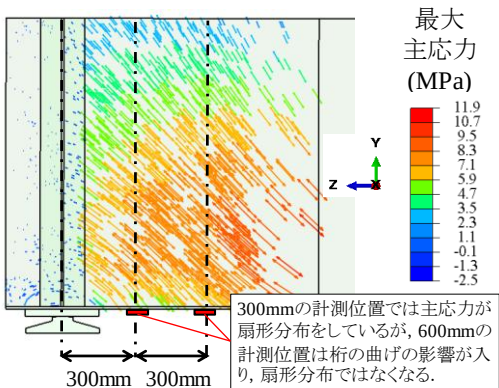


図-3 A05-B05 ケースの支承部近傍

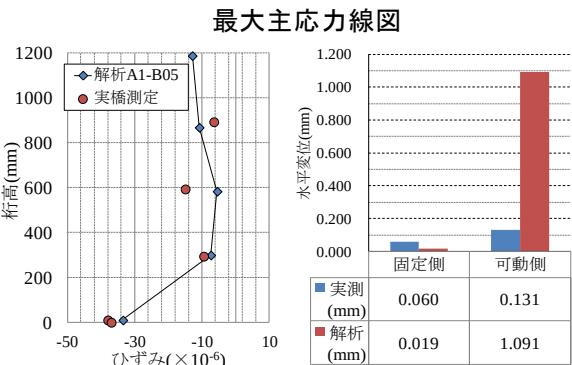


図-5 支点から 300mm  
位置のひずみ分布

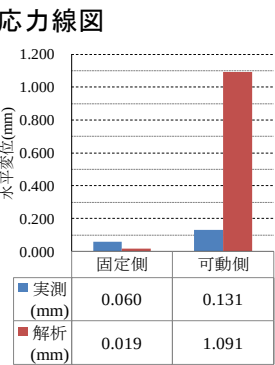


図-6 支点部の  
水平変位