

既設鋼橋の静的載荷試験結果に及ぼす水平支承反力の影響について

東北エンジニアリング(株) 正会員 ○山口和広  
 東 亜 技 研(株) 兼子 清  
 (株)土木技術コンサルタント 山村浩一  
 (社)岩手県土木技術センター 平 洋文  
 岩 手 大 学 工 学 部 正会員 岩崎正二

1. まえがき

平成11年5月に社団法人岩手県土木技術センター主催の共同研究において、岩手県雫石町に架設されている正徳橋で静的載荷試験が実施された。その中で高精度傾斜計によるたわみ角の測定があり、その測定値の最大値が支点から  $\ell/4 \sim \ell/6$  点に生じており、たわみ曲線が反曲していることが明らかとなった。これは桁のたわみによる下フランジの伸びが可動支承の摩擦抵抗に拘束されて軸方向に水平反力が働き負の曲げモーメントが発生して生じたものと考えられる。そこで、この水平反力をひずみとたわみの測定値から推定してたわみ角の検証を行い、水平支承反力の影響について考察することにした。

2. 正徳橋概要（支間長  $\ell = 25.35\text{m}$ ，全幅員 8.80m，一等橋，活荷重合成鋼桁橋，鋼製線支承）

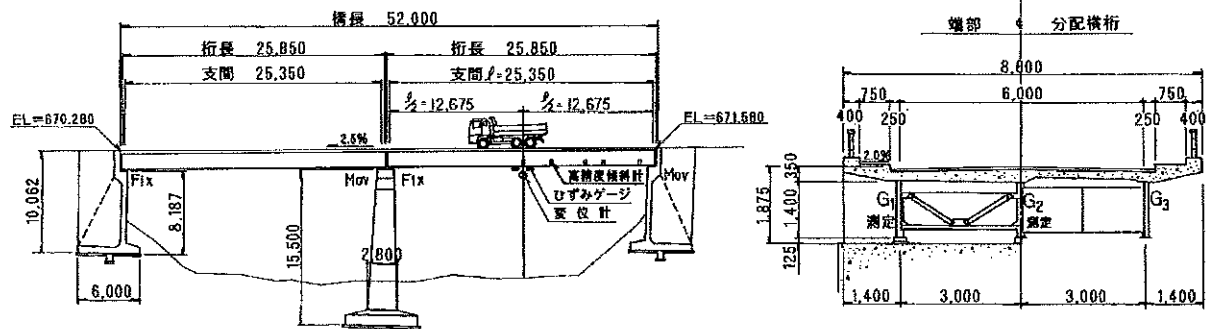


図-1 正徳橋縦断面図

図-2 断面図

3. 静的載荷試験の測定値

使用する測定値は測定していないG3主桁のひずみとたわみがG1主桁の測定値と同じと推定出来る表-1、表-2に示す中桁載荷時の測定値を使用する。

表-1 中桁載荷時のひずみとたわみの測定値

載荷重	ひずみ (10-6)		たわみ (mm)		備 考
	耳桁G1	中桁G2	耳桁G1	中桁G2	
トラック 20 t	47.5	49.5	1.958	2.302	・ 測点位置は $\ell/2$ 点である。 ・ ひずみは下フランジ2箇所平均である。
25 t	57.0	62.0	2.520	2.986	

表-2 たわみ角の測定値（高精度傾斜計） 中桁載荷 20 t 単位：マイクロラジアン

位置（支点より）	1.15	4.65	6.65	9.65	12.66	備 考
耳 桁 G 1	120.4	171.1	168.8	112.2	14.5	

4. 水平反力の推定法

桁の中央にMの曲げモーメント及び支承にXの水平反力が作用している時のひずみ、たわみは次式で表される。

$$\epsilon = a \cdot M \cdot y / EI - X \cdot y \cdot y / EI \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

$$\delta = a \cdot M \cdot \ell^2 / m_1 \cdot EI \cdot \beta - X \cdot y \cdot \ell^2 / m_2 \cdot EI \cdot \beta \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

ここに  $\epsilon$  : ひずみ,  $\delta$  : たわみ(m),  $a$  : 荷重分配係数,  $M$  : 単純バリとした時のトラックによる桁中央の

キーワード：静的載荷試験、可動支承、摩擦係数、水平反力、たわみ角、弾性荷重

連絡先：東北エンジニアリング（岩手県岩手郡滝沢村字大石渡 2015 番地、Tel 019-688-5611、Fax 019-688-5617）

曲げモーメント ( $tf \cdot m$ ),  $y$  : 桁下縁から中立軸までの距離 ( $m$ ),  $E I$  : 曲げ剛性 ( $tf \cdot m^2$ ),  $E$  : 弾性係数 ( $tf/m^2$ ),  $I$  : 断面二次モーメント ( $m^4$ ),  $l$  : 支間長 ( $m$ ),  $X$  : 水平反力 ( $tf$ ),  $m1 : m2$  : 弾性荷重の形状による係数でダンブトラックの場合は  $m1 \approx 11.2$ , 等分布  $m2 = 8$ . なお、三角形の場合は  $12$ , 放物線の場合は  $9.6$  である。  $\beta$  : 桁の平均  $E I$  値と中央断面の  $E I$  値の比で  $\beta \approx 0.93$

5. 数値計算例（ダンブトラック 20 t 載荷の場合）

仮定として 3 主桁の  $E I$  値は同値とする。  $M = 111.63tf \cdot m$ ,  $l = 25.35m$ ,  $y = 1.199m$  ( $E_s/E_c = 14.686$  としたときの  $I$  の  $y$  値,  $E I = 657,504tf \cdot m^2$   $E I$  値は未知数なので下記の連立方程式と収束計算した結果である。) ①と②式に  $E I$  を乗じ  $a$ ,  $X$ ,  $E I$  を未知数とする連立方程式を立て数値を代入する。

表-3 連立方程式の係数表

a1	a2	X1	X2	E I	=定数項	備考
133.87	0	- 1.438	0	-0.0000475	= 0	耳桁ひずみ
6887.71	0	-103.576	0	-0.001958	= 0	耳桁たわみ
0	133.87	0	- 1.438	-0.0000495	= 0	中桁ひずみ
0	6887.71	0	-103.576	-0.002302	= 0	中桁たわみ
2.00	1.00	0	0	0	= 1.00	荷重分配係数

上式を解くと  $a1 = 0.3492$ ,  $a2 = 0.3016$ ,  $X1 = 10.795tf$ ,  $X2 = 5.438tf$ ,  $E I = 657,506tf \cdot m^2$

床版コンクリートの弾性係数は  $E_c = 2.1 \times 10^6 / 14.686 = 143,000 \text{ kg f/cm}^2$  と推定される。

6. 可動支承の摩擦係数 (f)

可動支承の鉛直反力  $R = 116.58tf$  (死荷重反力  $107.77tf$ , 載荷重  $8.81tf$ )

耳桁可動支承  $f = X1 / (a1 \cdot R) = 10.795 / (0.3492 \times 116.58) = 0.264$

中桁可動支承  $f = X2 / (a2 \cdot R) = 5.438 / (0.3016 \times 116.58) = 0.155$

また、25 t について  $f$  を計算すると耳桁で 0.383, 中桁で 0.290 であった。

7. たわみ角の検証

表-4 は水平反力の推定式から得た諸元を基に弾性荷重法によりたわみ角を計算し、測定値との比較を行ったものである。対象桁は耳桁であり、荷重は 20 t 中桁載荷である。表-4 より計算値の方がいくぶん大きく出ているが、傾向としてはよく合っているものと思われる。

表-4 たわみ角の計算結果表

単位：マイクロラジアン

位置 (支点からの距離)	0m	1.15m	4.65m	6.65m	9.65m	12.66m
① 載荷重によるたわみ角	438.4	433.4	362.7	299.5	178.4	16.0
② 支承の水平反力によるたわみ角	-312.5	-274.3	-164.5	-118.2	-58.7	-0.3
③ 計算値 ① + ②	125.9	159.1	198.2	181.3	119.7	15.7
④ 測定値	-	120.4	171.1	168.8	112.2	14.5

8. 結果の考察

1) 測定法の改善について

- ①可動支承上の桁のひずみと移動量の測定は各桁の  $E I$  値と荷重分配係数の精度をあげるために必要である。
- ②耳桁載荷時の解析を行う上からも G 3 主桁の測定は必要である。荷重の変化 (20~25 t) に対して  $E I$  値の変化がみられるので多数回の測定が必要である。

2) 計算結果について

- ①可動支承の摩擦抵抗は活荷重に対して余裕があるように見えるが、温度変化や残留応力等で予め不利に働いている場合があるので死荷重応力以外の初期応力が不明な場合は余裕とみない方がよい (長期間の測定を必要とする)。
- ②耳桁の  $X1$  が中桁の  $X2$  より大きい値となっているが、これは横断勾配による中桁の床版が高くなっているため床版のたわみが耳桁へ押し出すように作用したものと考えられる。高精度傾斜計の橋軸直角方向の傾斜が - となっており、耳桁が外側へ傾斜していることからもうかがえる。

3) 今回新たに別橋梁において同じ試験を行ったのでこの結果との検証を考えている。