

# 建設後75年以上を経た鋼トラス橋の実橋載荷試験

(株)復建技術コンサルタント 正会員 ○福田 健 (株)復建技術コンサルタント 正会員 橋田 明良  
 (株)復建技術コンサルタント 飯土井 剛 (株)復建技術コンサルタント 正会員 中村 裕充

## 1. はじめに

大橋は昭和 5 年に架橋された山形県大石田町にある最上川を渡る橋である。大正 15 年「道路構造に関する細則案」により、当時の 3 等橋の自動車荷重 6tf で設計された鋼 3 径間下路式カンチレバートラス橋であり土木学会の歴史的鋼橋集覧にも選定されている美しい橋である。

竣工から 76 年経過し老朽化が進行しているため、実載荷試験による耐荷力調査を県の発注により行った。

応力のフレーム計算値と実測値に、特に下弦材において乖離があったが、床板剛性の影響と見られるためこれらを勘案しながら耐荷力を評価した。これらの概要を報告するものである。



写真1 大橋側面 (橋長 147.55m, 幅員 5.5m)

## 2. 載荷試験

### 2.1 測定位置

応力が大きくなって耐荷力が決定されそうな部材を選定しひずみゲージを貼り付け測定した。突桁部と吊桁部の主構部材 (上弦材・下弦材・斜材・垂直材・縦桁) について、以下の図-1に示すように観測基地に近い右岸側半分に集中させ、両主構に設置して32点とした。軸力部材であるため各部材1枚とした。

### 2.2 載荷方法

載荷試験は、表-1に示すように荷重車を載荷した。

試験	載荷状況	載荷位置		
		中央	上流側	下流側
静的載荷	垂直材部停止	1回	1回	1回
動的載荷	20km/h走行	3回	1回	1回

表-1 載荷方法

車両は総重量20tf (196KN) 程度に積載土砂を調整したダンプトラックを使用した。

写真-2 静的載荷試験状況

軸重：前輪5.2tf, 後輪14.8tf



## 2.3 応力波形図

### 2.3.1 動載荷試験波形グラフと応力影響線

ひずみ図-4 は横軸が時間軸であるが、走行速度をほぼ 20km/h の一定速にしているため、距離に対応させ橋梁の側面図に重ねたものである。着目部材のひずみ=応力に対応した影響線図に相当する。

### 2.3.2 吊桁部の応力波形

動的載荷試験で得られた応力波形を図-2に示す。吊桁部は、車両が側桁、突桁部を走行中は応力が発生せず、吊り桁部に入ってから始めて応力が発生しており、ピン構造の特性がよくでている。

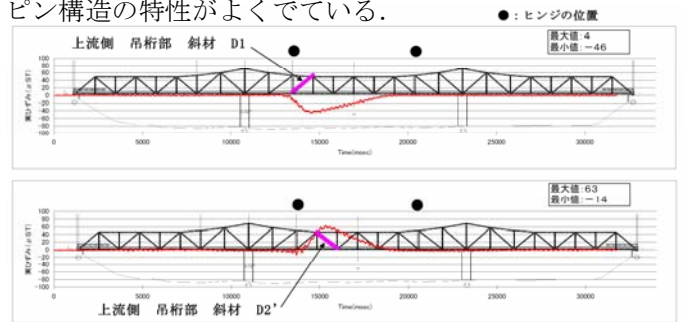


図-2 吊桁部の応力波形 (上流側 吊桁部 斜材)

## 2.4 たわみ量の比較

G1 桁に着目し、レベル測量で簡易的にたわみ量を実測した。実測値は、許容値の3~4%程度であり、計算値と比較すると5割程度の値であった。

載荷位置	たわみ量(mm)		
	実測値	計算値	許容値
側桁部中央	3	6.5	90
吊桁部中央	4	6.8	86

表-2 たわみ量の比較

## 2.5 橋の振動と衝撃係数について

動的載荷試験の値は、動的載荷試験のひずみ図-4で見ると 4Hz 程度、振幅  $10\mu \sim 20\mu$  ( $2 \sim 4\text{N/mm}^2$ ) 程度の上下の振動が起こっており、静的載荷試験より大きくなっている。これは路面の不陸などで発生する衝撃力に相当すると考えられる。載荷試験による増加率は概ね 0.2 以下であり、衝撃係数は道示では 0.2~0.3 程度としているため、よく整合した。

## 2.6 活荷重による応力レベル

部材は架設年度から St39 相当と推定される。文献 1) において古い鋼材の引張試験結果から、強度的には現行の SS400 と同程度であることから、これを用いた。

部材の許容値 ( $140\text{N/mm}^2$ ) に対して、20t 荷重車両が 1 台走向しても 1/10 程度と低い応力しか生じなかった。橋梁への負担は、ほとんど無いレベルである。

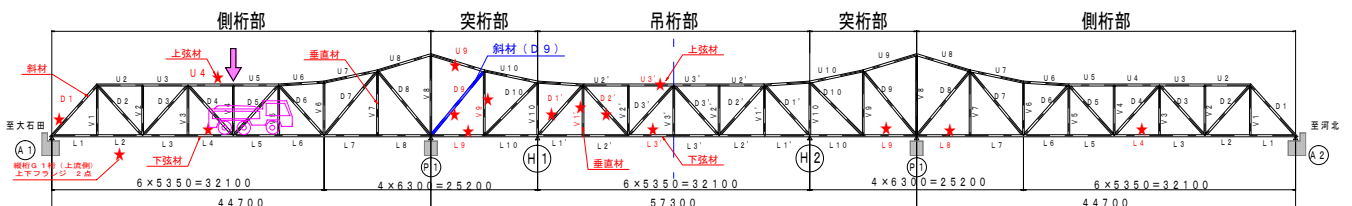


図-1 載荷位置

★ひずみゲージ設置

## 2.7 偏載荷による荷重分配率

偏載荷時における部材間の荷重伝達を把握するため、上弦材 U4 と斜材 D1 に着目し、図-4 に示す 3 箇所の載荷位置で発生する応力度から分配率を推定した。

載荷試験結果の分配率は、1/0 法によるものに比べ小さい値を示し、載荷位置が着目部材のある径間の場合、偏載の影響が大きく、左右での応力度差が見られる。

一方、載荷位置が他の径間では、応力度の差はなく、荷重分担が同じとなっている。

部位	荷重載荷位置 鉛直材	載荷試験結果				1/0法 分配率	
		応力度 $\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )		分配率		左	右
		左	右	左	右		
上弦材 U4	V1~V2間	3.60	5.50	0.40	0.60	0.32	0.68
	V4	8.00	11.00	0.42	0.58		
	V9	3.80	3.80	0.50	0.50		
斜材 D1	V1~V2間	5.20	8.60	0.38	0.62	0.32	0.68
	V4	3.80	5.00	0.43	0.57		
	V9	1.60	1.40	0.53	0.47		

## 3. 計測値と解析値の違い

### 3.1 現況耐力の推定

試験結果を用いて橋梁耐力を算出するものとする。載荷試験と同じ荷重状態でフレームモデル計算を行い、両者の応力度の比率 ( $\alpha$ ) を算定する。この応力度比率を、別途、基準活荷重 (TL-20) を載荷した計算応力度に乗じて、活荷重応力度を推定した。この推定した活荷重応力度と死荷重応力度、及び部材の許容応力度から、耐力 P の推定を行った。

〔耐力推定の方法〕

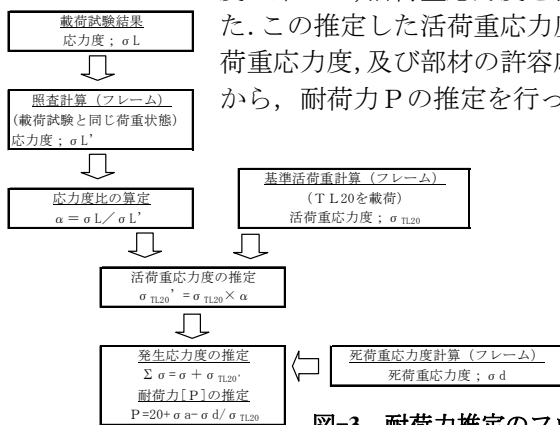


図-3 耐力推定のフロー

### 3.2 解析結果の考察

幅員中央載荷での静的載荷試験と動的載荷試験結果を比較してみると、載荷荷重による応力の大きい代表部材でみると次のようになっている。

	側径間上弦材 (部材29=U) N/mm <sup>2</sup>	中央径間突桁斜 (部材59=D9) N/mm <sup>2</sup>	側径間下弦材 (部材4=L4) N/mm <sup>2</sup>	
中央載荷	①静的載荷	10.3	7.7	4.9
	②動的載荷	10.6	8.5	5.6
偏載荷	③静的載荷	11.0	9.6	4.4
	④動的載荷	12.8	11.4	7.0
参考値	⑤中央静的載荷計算値	11.6	10.3	14.5
	②/① 動的静的比	1.03	1.10	1.14
④/③ 動的静的比	1.16	1.19	1.59	
①/⑤ 試験/構造計算比	0.89	0.75	0.34	

表-4 実応力度と計算応力度の対比表

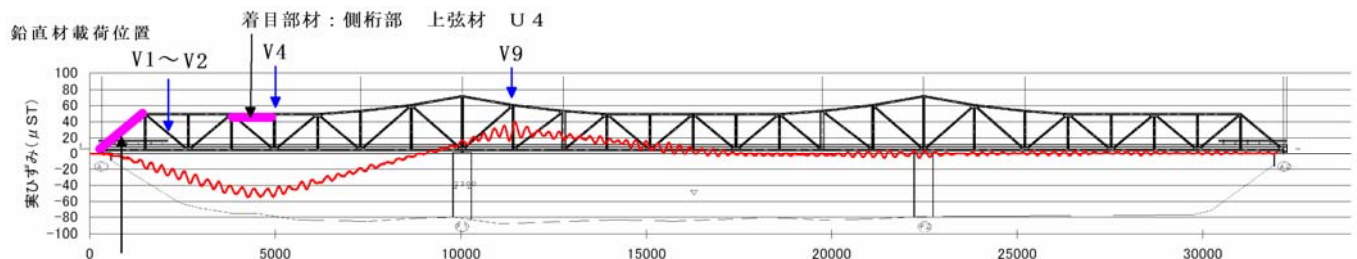


図-4. ひずみ波形図=応力影響線図 (上流側 側桁部 上弦材 U4)

上弦材と斜材に対する応力は計算値よりも 0.89, 0.75 とやや低い。下弦材は 0.34 と 1/3 である。

下弦材は、構造計算上、縦桁や床版は無視して計算されるが、実際はそれらに応力が分配されているものと考えられる。上弦材と斜材は、縦桁の存在による中立軸の移動や部材を組み立てるレーシングバーの存在により実測応力が低いものと考えられる。

### 3.3 耐力推定

載荷試験と構造計算より構造的に耐力がクリティカルとなる部材は、突桁部の斜材 (D9) であった。雪荷重まで考慮した構造計算による現況耐力は、TL-3 程度となる。

実測値と計算値の活荷重における応力度比は、0.75 程度であり、死荷重応力が大半を占めることから、死荷重に対してもこの応力度比を乗じて補正する。その場合の耐力は、TL-15 程度となる。

### 3.4 腐食の激しい部材の検討

左岸側第 1 パネルの下弦材は、フランジ部分の腐食が著しいため、応力計算上は、フランジ全てが断面欠損率 50% としたが、発生断面の小さい部材であり、耐力は、TL-20 を上回った。



写真-3 下弦材腐食状況

載荷試験と構造計算から、現況耐力はトラス主構の中では概ね TL-20 以上と判断されるが、中央径間突桁部の斜材では TL-15 程度となる。

本橋は、おもに地域の生活道路として使われており、大型車交通は冬季の除雪運搬時に多くなる程度である。

また、5.5m の幅員的にも、TL-20 で想定している 20t 車が 2 台並ぶことはなく、推定された TL-15 の耐力は、20t 車が 1 台走行するよりも大きな値である。

このような本橋の利用状況を考えれば、通行荷重制限は当面行う必要はないと判断できる。

## 5. まとめ

本橋は、75 年経過した老朽橋であったが、予想以上に耐力はあった。今後、この美しい歴史的遺産が後世も長く供用されることを望むところである。

業務遂行に対して、山形県 村山総合支庁 北村山道路計画課の関係各位様に多大な御指示を受け賜ったことをここに感謝致します。

### 参考文献

- (社)土木学会: 歴史的鋼橋集覧「下巻」(平成29年12月)
- (株)建設図書: 「橋梁と基礎」(昭和49年10月)