

既設橋の応力測定について

山形県土木部 正員 伊藤文雄
東北工業大学 正員 佐藤興夫
〃 〃 高橋龍夫
〃 〃 〇松山正将
〃 〃 山田俊次

1. まえがき

ここで測定の対象とした既設橋とは、従来の鋼道路橋の設計指針となった大正15年、昭和4年制定の示方書で架設された橋梁に限定する。同様の様に、長年月を経て老朽化状態にある橋梁がまだ数多く現存している事と、今日の交通量、車輛重量の増加の著しい事とを考えると、これ等の通行車輛に対する橋梁の応力測定を行ない、危険側にある場合は充分な対策を講ずる必要がある。そこで、若君等は、山形県土木部の協力を得て、数橋の応力測定を行った。ここに、それ等の調査結果と土木研究所の資料等の関連について若干の考察を加えるものである。

2. 測定内容

2-1 測定対象橋梁と試験に供した荷重車について

表-1に対象橋梁と荷重車について示す。

表-1

橋梁名	竣工年	橋 種	有効幅員	単支間	橋 長	荷重車重量	台数
A 橋	大正15年	平行弦ポーストラス	3.50 ^m	30.56 ^m	92.86 ^m	15,000 ^{ton}	1台
B 橋	昭和4年	曲弦ワーレントラス	5.50	57.04	461.12	20,200	2
C 橋	昭和5年	曲弦プラットトラス	5.50	81.00	165.00	28,490	2
D 橋	昭和5年	曲弦ポーストラス	5.50	33.60	142.80	22,970	2
E 橋	昭和7年	曲弦ワーレントラス	6.00	55.00	571.10	20,530	2
F 橋	昭和5年	鋼ゲルバー	6.40	27.43	311.22	21,400	2

なお、荷重車2台の場合は同型式の車輛を使用し、輪軸距離を同じくした。A・D・F橋については二軸車、他は三軸車である。次に対象橋梁の現状を述べると、

- A橋: 山形県朝日町地内にあり最上川に架設されている。トラス部二連、工研部四連のりな橋梁で、木枕運搬の大型車の通行が多い。
- B橋: 山形県寒河江市に近い最上川に架設されていて、トラス部八連のりな橋梁である。右岸堤防沿いにレミコン工場がある事と、隣接市への幹線として重車輛の通行が多い。
- C橋: 新庄へ左沢線に最上川に架設されていて、トラス部一連、R・C工型橋八連のりな橋梁である。左岸下流側に砂利採取場があるため、昼間の大型トラックの通行が激しい。
- D橋: 山形県東老本地内にあり赤川に架設されていて、トラス部三連、R・C工型橋三連のりな橋梁である。重車輛の通行は、並通である。
- E橋: 国道6号線河内川に架設されていて、トラス部と鉄桁部のりな橋梁である。国道4号線が近く、名取市、仙台市に近い事で交通量は多く、重車輛の通行が激しい。

F橋: 鶴岡～狩川線にあり橋下交差は赤川である。鋼ゲルバー径間々違、R-C T型桁12連なりなる橋梁である。鶴岡市内にある事と、至近距離に国道7号線があるので重車輛の通行が多い。

2-2 測定項目

土木研究所資料^{40, 38}に基づき、外観調査、静的載荷試験及び走行載荷試験の項目について行った。次にその内容について、簡単に説明を加える。

2-2-1 外観調査

概略的ではあるが全橋長について行い、部材の変形、発錆状態、床版のひび割れ、鉄筋の露出箇所、高欄の破損、橋面舗装の不陸状態、補修箇所等、主に上部構造に注意を払って調査を行った。又、測定対象径間については、部材断面を求めるため全部材について部材照合を行った。

2-2-2 静的載荷試験

測定部材箇所には電気抵抗線歪計を貼布し、矢向中央にはダイマゲージ、垂直式変位計を設置して、荷重車を必要位置に往復載荷し、各々の載荷による部材の歪、たわみを測定した。

2-2-3 走行載荷試験

動的ひずみ測点には、静的載荷試験で最大歪を生じた部材を抽出し、走行たわみの測点には、静的たわみと同箇所とした。荷重車一台を段階速度をもって往復走行させ、記録した値より、自由振動数、対数減衰率、衝撃率、走行たわみ等を算出した。

3. 測定結果及び考察

3-1 外観調査結果:

A橋: 下弦材上、下弦材のガゼットプレートで箱形を形成する全格点に、泥土、塵芥等が堆積し、著しい箇所には草が繁茂していた。泥土等を除いて、軽くハンマーで打撃し腐蝕状態を見ると、錆は塊状で剥落し、リベット頭が少程も欠け落ちる箇所もあった。主構部の局所的変状は見られなかった。床組部では、外縦桁、端横桁は、他と比較し、発錆状態が進んでいる。床版は打直し跡が見られ、比較的ひび割れは少ない。

B橋: 下弦材上、下弦材の格点には、やはり泥土、塵芥等が堆積し、発錆状態は他の箱形部材内面よりもひどく、リベット頭が無くなっている箇所もあった。舗装及び床版打直しは行われており、床版のひび割れは少ない。しかし伸縮継手部の舗装の不陸が大きく、走行時かなり大きな衝撃を与えた。端横桁の発錆状態は、継手部の不陸が水をためる役割をしていて、腐蝕は他よりも進行している。

C橋: 主構部において、下弦材の内面、下弦材の格点を除いては、特に発錆状態のひどい箇所は見受けられなかった。床版部のひび割れ箇所多く、引張側に雨水等の浸み出し跡が時々あり、部分的に鉄筋が露出している箇所もある。床組部では、端横桁の発錆状態は他の桁よりも顕著であった。舗装のかさ上げで、地盤高が低い状態に近く、高欄部の破損箇所が多かった。

D橋: 下弦材上に泥土等の堆積があり、発錆箇所が多い。床組部では、全般的に発錆箇所があり、中でも外縦桁と端横桁はひどく、錆が塊状で落ちる。床版のひび割れも多かった。

E橋: 塗装はしっかりしている様であるが、主構部材内面、特に下弦材については発錆箇所が多く、泥土等の堆積も見られた。大型車の通行が激しいので、主構部材の局所変形箇所が非常に多

い。床版のひび割れ箇所は多く、補修箇所も多いので、橋面の不陸がかなりの衝撃の原因となっている様に思われる。

下橋：鋼桁全経断、錆による腐蝕が激しく、特に縦桁、横桁が顕著で、穴が開いている箇所が多かった。この様な断面減少も加わり、床組の剛性が低下しているので、床版のひび割れ箇所も多く、ひび割れも大きい。橋面の不陸箇所も大変多かった。

3-2 静的載荷試験結果

各部材の実測最大応力度と実測応力度/計算応力度の比の範囲、静的たわみ等を表-2に示す。

表-2

橋梁名	上弦材	下弦材	斜材	垂直材	縦桁	横桁	支間中央のたわみ
A 橋	155% 0.90~1.05	105% 0.36~1.15	126% 0.30~0.90	84% 0.33~0.88	210% 0.11~0.14	151% 0.13~0.18	5.00mm 0.88~0.90
B 橋	141% 0.95~0.97	74% 0.21~0.30	42% 0.15~0.47	46% 0.15~0.26	63% 0.10~0.12	110% 0.11~0.16	5.98mm 0.70~0.77
C 橋	263% 0.63~1.17	86% 0.20~0.63	231% 0.54~1.38	368% 0.30~1.70	525% 0.20~0.42	439% 0.17~0.36	8.55mm 0.80~0.85
D 橋	363% 0.52~1.05	242% 0.27~1.06	407% 0.37~1.80	— —	273% 0.09~0.19	399% 0.11~0.54	9.55mm 0.80~0.84
E 橋	196% 0.93~1.22	98% 0.28~0.68	178% 0.46~0.93	226% 0.76~1.28	184% 0.02~0.27	385% 0.29~0.50	4.40mm 0.54
F 橋	(注)125% 0.20~0.25	— —	— —	— —	840% 0.67~0.80	630% 0.50~0.54	10.18mm 0.48~0.50

3-3 走行載荷試験結果

荷重車一台の往復走行による動的ひずみ値と、動的ひずみ曲線より得られる衝撃率、折減係数、自由振動数等を表-3に示す。

表-3

橋梁名	上弦材	下弦材	斜材	垂直材	縦桁	横桁	振動周期	折減係数	衝撃係数
A 橋	149% 4.00(3.55)/s	109% —	— —	— —	— —	— —	4.00(3.55)/s	0.020~0.256	0.052~0.237
B 橋	80% —	34% —	101% —	97% —	265% —	315% —	3.10(3.34)	0.050~0.182	0.021~0.038
C 橋	82% —	53% —	130% —	88% —	426% —	313% —	2.50(2.30)	0.048~0.131	0.041~0.162
D 橋	200% —	113% —	143% —	— —	277% —	296% —	3.50(3.47)	0.044~0.153	0.157~0.237
E 橋	59% —	53% —	— —	— —	— —	— —	3.00(3.39)	0.216~0.440	0.072~0.520
F 橋	(注)88% —	— —	— —	— —	464% —	393% —	3.00(3.70)	0.007~0.580	0.035~0.196

※()内は計算値。

3-4 基本耐荷力の算出結果

土木研究所資料 No. 306 により、次式から基本耐荷力を計算したものを表-4に示す。

基本耐荷力(TL-20で表示) = $20 \times \frac{\sigma_a - \sigma_k}{\sigma_{20}}$: σ_k : 現行示方書 TL-20 で計算した応力度。
 σ_a : 実荷応力度。
 σ_a : 許容応力度。

橋梁名	上弦材	下弦材	斜材	垂直材	縦桁	横桁
A 橋	L-19	L-79	L-23	L-66	T-10	T-10
B 橋	L-18	L-12	L-20	L-34	T-9	T-9
C 橋	L-17	L-20	L-19	L-33	T-13	T-8
D 橋	L-13	L-16	L-19	—	T-8	T-12
E 橋	L-18	L-10	L-10	L-34	T-5	T-12
F 橋	L-22 (注)	—	—	—	T-6	T-8

3-5. 考察

外観調査では、高欄、床版、伸縮継ぎ等の破損箇所が全般的に多く、これ等は早急に補修が必要と思われる。下橋の床組については、早急な補強対策が望まれる。トラス主構部における実測値と計算値の比率は、多少のばらつきはあるが、下弦材を除いておよそ近い値を示している。下弦材については、横桁、縦桁等の協力作用が考えられ、実測値おおよそ $\sim 30\%$ の範囲で計算値よりも小さい値を示している。床組部の比率は $10\sim 50\%$ の範囲にある。これは荷重を単純分配し、慣用計算で算出した値であり、実際には上部フランジが床版と付いている縦桁には、床版との合成作用、床版の連続版としての荷重分配、縦桁の連続桁的作用、横桁の固定梁的作用、縦桁横桁の格子作用等を考慮した場合、この比率はより近づくものと思われる。静的なわみについては、計算値と実測値との比率は $50\sim 90\%$ 、実際は立体構造である事を考えると、近い値を示しているものと考えられる。動的ひずみから求めた衝撃率は、一般に現示方書で示される値よりも小さい。下橋については、示方書の値を下回るが、走行速度 $20\sim 30\text{km/h}$ より急激に衝撃率が増加する傾向を示す。下橋の橋面不陸とヒンジ部床版のひび割れ、床組部の錆による断面減少等を考慮すると、制限速度を早急に設定すべきと考えられる。自由振動数についての実測値と計算値の比率は近い値となっている。実測値が大きく出ている橋は、突働している剛性が大きい傾向を示すものと考えられる。減衰減衰率は、多少のばらつきはあるが $0.02\sim 0.58$ と、この級の橋梁の定数範囲 $0.02\sim 0.10$ に近い値と思われる。ここで基本耐荷力を求めて見ると、トラス主構部では $L-20$ に近い値を示し、床組部では、ほとんどが許容応力度を上回る値を示し、基本耐荷力も $T-20$ 以下となっている。床組部のこの傾向は、現行軸荷重の増加が著しい事を示している。実際の軸荷重による主構、主桁に生ずる応力は、一般に小さい傾向にある事と、基本耐荷力の値が $L-20$ に近い事を考えると、主構、主桁は当面大体的に安全側にあるものと考えられる。しかし、床組の剛性が小さい事は床版の破損を大きくし、ひび割れ等から雨水が浸み出し、これが床組の発錆をうながすという悪循環となっている。又、路線によって異なるが、道路上の自動車荷重の実態調査では、設計軸荷重 8t を上回るものが約 6% 実測されている事を考えると、主構、主桁よりも床組部が危険側に作用している事が察せられる。これ等の事項より、老朽橋梁について年に数度の保守管理が望まれる。又、応力測定の場合には、詳細な主構、主桁の測定は当然であるが、より以上に床組部の測定密度を増し、軸荷重に対する答動的把握を必要であると考えられる。

参考文献

1. 改設橋の耐荷力に関する資料 土木研究所 1967.4. no.206
2. 交通荷重の実態と道路橋への影響に関する一研究 土木研究所 1970.10 no.626
3. 設計荷重に関する研究 土木研究所 1971.11 no.701
4. 橋の耐荷力と寿命 土木学会誌 vol.55 国広、太田
5. 下路トラス橋における床組の主構との協力作用について 土木学会論文集 no.60 児嶋、成田
6. 道路橋の載荷状態と主桁の安全性について 橋梁構造工学研究会 1972.12. 大島
7. 橋梁構造の振動減衰 土木学会論文集 no.117 伊藤、片山