

I-170 中路式全溶接パイプラングートラス橋(伊達橋)の

静荷重, ならびに動荷重特性について

三井造船

正員

福井 康二

〃

田中 昇

〃

小村 勝男

〃

高城 紘

1. はじめに

中路式全溶接パイプラングートラス橋(伊達橋, 写真-1, 図-1)について静荷重および動荷重(走行荷重, 繰返し荷重)に対する応力とたわみの応答を実測により調査し, さらに理論的検討を行って, 本橋の応答特性を明らかにした。

従来, ラングートラス橋の静荷重および動荷重特性については, 理論的にも実験的にも数多くの研究が行われている。ここで取り上げた本橋は, 従来のラングートラス橋に比して, ①全溶接構造である。②パイプ構造である。という2つの特徴を有しており, この2点の特徴が静荷重, 動荷重特性におよぼす影響を明らかにする目的で研究を行った。研究の方法として, 次の3種の実験を行った。

(1). 静荷重に対する応力とたわみの応答実測

上: 写真-1 伊達橋全景

(2). 起振機による固有振動数およびモードの実測

下: 図-1 - 断面図

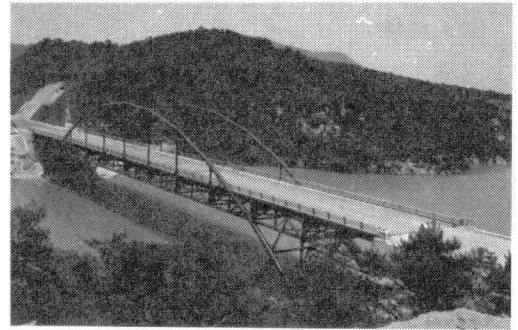
(3). 走行荷重に対する応力とたわみの応答実測

静荷重特性は, 実測値をトラスとしての計算値(

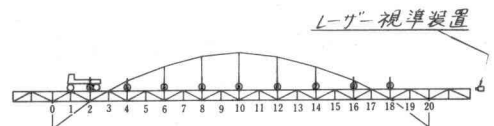
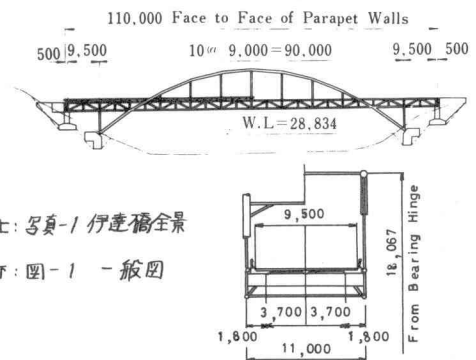
設計時計算), およびラーメン構造としての計算値とそれぞれ比較検討し, 動荷重については固有振動数, モードを計算結果と比較して確認した。さらに, 走行荷重に対する *Dynamic Response* について, たわみと応力を実測して, 諸特性を検討したうえ, 単純化した理論計算から求めた特性と比較検討した。その結果, 本橋について, 二次応力が無視できない大きさを持ち, 全体の静荷重に対する応答は, むしろラーメン構造としての計算に近いこと, 動荷重に対しては橋全体の慣性に基づく振動が比較的小さく, 走行荷重に対する静たわみ成分が比較的大きいことが判った。他に局部応力や橋の減衰性などについて若干の知見を得ることができた。

2. 静荷重特性について

本橋に積載したトラックを配し, 各点(図-2)の歪を抵抗線歪ゲージにより実測する一方, レーザ-視準装置によりたわみを測定し, これらの測定値をトラスとしての構造計算結果, およびラーメンと



SIDE VIEW



L-1	No.2	L-3	L-4						
L-2	No.1								

● 検出測点

図-2 配置図

しての構造計算結果と比較した。(図-3、図-4) その結果、次の諸点が明らかになった。

(1) 補剛トラス部材の軸方向応力は荷室の載荷点直下が最大を示し、全般にトラスとしての計算値(設計値)に比して4~7割程度である。

(2) ラーメン構造と仮定した計算値の方が実験値にやや近い傾向を示しているが、応力分布形状はラーメン、トラスとも変りなく実測形状と極めてよく近似している。

(3) 補剛トラスの全体のたわみの最大値は1/4点付近に発生していると推察される。

(4) 補剛トラス全体のたわみは概ねトラスとしての計算値の1/2以下であり、ラーメンとしての計算値より更に低い。たわみの分布形状は両計算結果とよく近似している。

3. 動荷重特性について

動荷重特性に対して

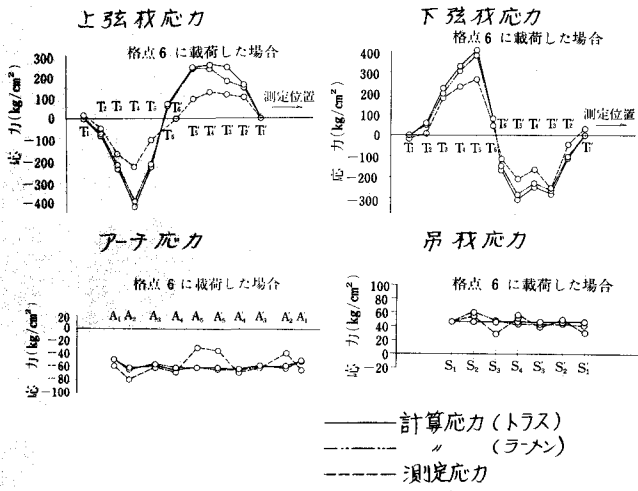
- (1) 固有振動数およびモードの実測
 - (2) 走行荷重によるDynamic Responseの実測
- の2点に關して実験を行い、それぞれについて理論的検討を加えた。

3-1 固有振動数およびモード

固有振動性状の測定は、橋の中央に不平衡質量回転型の起振機によって鉛直方向に加振して各点に配置した加速度計で加速度応答を実測し、鉛直方向対称振動について固有振動数、振動モードを求めた。(図-5、図-6) 同時に、これらの実測結果を確認し、固有振動性状を更に詳細に吟味するために理論的検討を加えた。(表-1) また、減衰性状もあわせ測定したが、その結果から求めた本橋の対数減衰率は対称振動についてのみである。(表-2)

表-2 対数減衰率

次数	1	3	5	7
δ	0.034	0.027	0.025	0.020



応力の計算値と測定値の比較

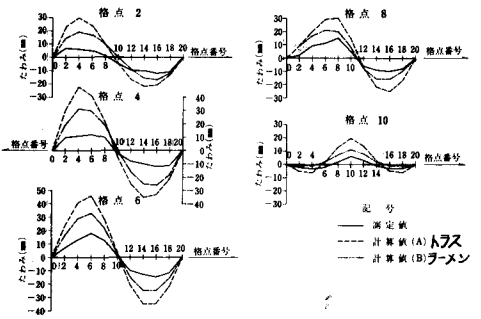


図-4 たわみの計算値と測定値の比較

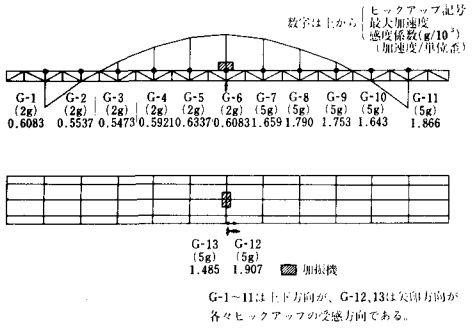


図-5 測定器の配置

表-1 固有振動数の比較

次数	理論値%	実測値%
1	2.53	2.3
3	3.87	3.9
5	8.97	8.3

3-2 走行荷重によるDynamic Responseの実測

総重量 20^{ton} のトラックを 20 km/hr , 40 km/hr , 60 km/hr の各速度で走行させ、各点に配置した加速度ピックアップで応答を検出して記録するとともに、レーザー視準装置により中央点の上下振動中を測定した。同時に各部材に配置した歪ゲージにより、応力を記録した。(図-7, 図-8)

3-3 実測結果

走行荷重による各点の加速度記録から、波形を単弦振動で近似して二度の積分から振動変位を求めた。橋中央の走行たわみを走行速度に対して示した結果(図-9)によると、 $V=40\text{ km/hr}$ で 1 mm のたわみが出ているが、この値はレーザー視準装置でチェックした

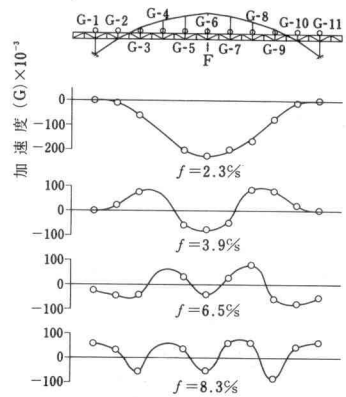


図-6 モード

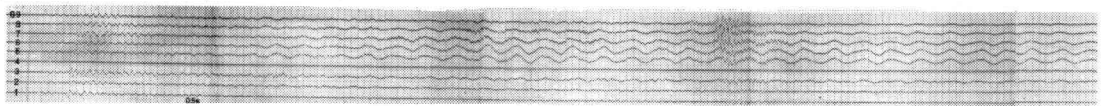


図-7 加速度記録例

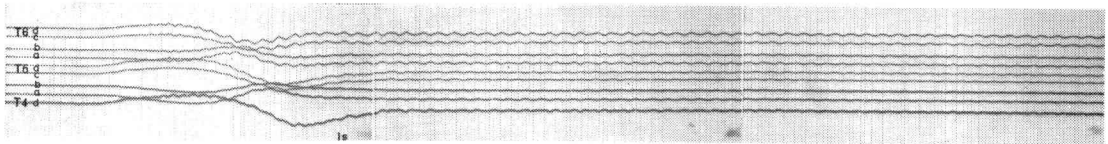


図-8 ひずみ記録例

値($\pm 7\text{ mm}$)より極めて小さい。一方走行中の各時刻毎にその瞬間応力分布を図示した $X-t$ diagram

(図-10)から、橋の応力分布に対応するたわみ運動は、車両重量によるたわみ成分が支配的で橋の慣性による振動成分は極めて小さいことが判る。走行速度 40 km/hr の場合について各部材応力分布を走行中の各瞬間毎に求めて、これに対応する静荷重の場合の応力分布と比較した。(図-11)

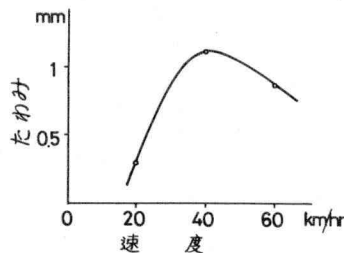


図-9 走行速度-振動振幅曲線

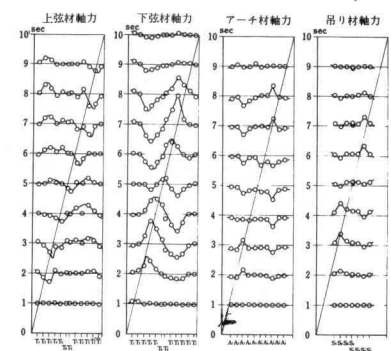


図-10 $X-t$ diagram

これによると動応力分布と静応力分布はかなりよく近似しており、前述の車両重量に基づくたわみ成分は、ほとんど静たわみに相当することが推察される。

3-4 動的応答の理論的検討

走行荷重に対する動的応答の性質について更に一般的に吟味するために伊藤⁽¹⁾らが長大橋解析で行ったModal Analysis法による解析を本橋の場合に適用して動的応答を求めてみた。その際に必要な固有振動数および振動モードは3-1で求めた結果を

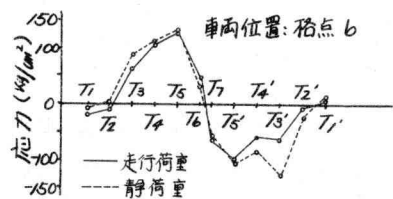


図-11 静応力と動応力の比較

使用した。 $\frac{1}{4}$ 点、 $\frac{1}{2}$ 点におけるたわみの時間に対する変化を求め、 $V=40 \text{ km/hr}$ の場合の実測結果と対比した。(図-12、図-13)、また、各走行速度に対して、荷重下のたわみ分布(たわみ軌跡)を求め、 $V=40 \text{ km/hr}$ の実測結果と対比した。(図-14)、走行荷重に対する最大たわみは $\frac{1}{4}$ 点付近に生じ、中央点では小さいことが判る。また、走行荷重に対するたわみ特性については、 $V=280 \text{ km/hr}$ 付近で1つの危険状態が見られる。(図-15) 100 km/hr 以下の速度に対して、本橋のたわみはほぼ静たわみ成分のみであることが判る。

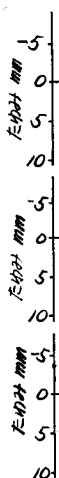


図-12 $\frac{1}{4}$ 点のたわみ変化

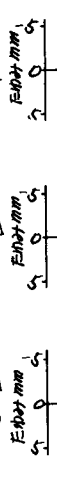


図-13 $\frac{1}{2}$ 点のたわみ変化

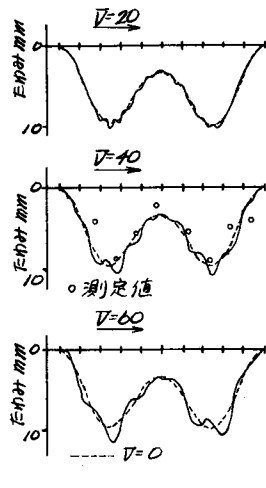


図-14 走行荷重によるたわみ軌跡

4. むすび

(1). 静荷重に対して

アーチおよび吊桁にはかなりの二次応力があり、溶接構造橋の1つの特性を示している。全般に応力、たわみともにラーメン構造としての計算値にやう近いことも同様の特性に由来すると考えられる。

補剛トラスの軸方向応力、および全体たわみはほぼ $\frac{1}{4}$ 点付近に載荷したとき、荷重下で最大である。

(2) 固有振動について

対称振動の固有振動は実測値と理論値がほぼ一致している。対数減衰率は本橋が全溶接構造であるため低めの値をとることが予測されたが、対称一次に対する値は、例えば同じランガー型式である天草2号橋⁽²⁾の場合 $\delta=0.023$ (本橋 $\delta=0.034$)と同程度である。

(3). 走行荷重に対する動的応答特性について

応力、およびたわみ応答ともに、車両重量に基づく静的成分が支配的で、橋の慣性による振動成分の占める割合は小さい。したがって、各部材応力もほぼ静荷重時の値に近い。また最大応力、たわみについては $\frac{1}{4}$ 点に発生し、逆対称モードの影響が強い。動的増加率($V=0$ 時に対するたわみの増加率)は $V=20, 40, 60 \text{ km/hr}$ に対してそれぞれ1.05, 1.07, 1.15であってあまり大きくない。

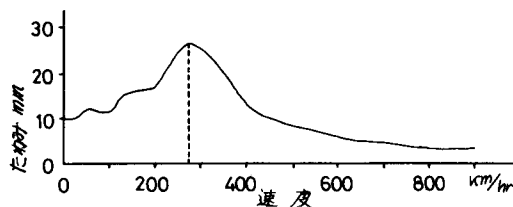


図-15 走行速度に対する最大たわみの変化

参考文献

- (1). 平井, 伊藤 “長往間鉄道橋の活荷重による変形と衝撃” 「鉄道吊橋の実用性に関する研究」 (54.1)
- (2) 吉村, 平井 天草五橋工事報告書 施工編
- 伊藤, 片山 “橋梁構造の振動減衰” 工不学会論文集 第117号 (540.5)
- 三井造船技報 第59号 (540.7)