

名古屋大学工学部 正会員 島田 静雄
 東京都西多摩建設事務所 , 吉田 明
 , 田中 義之

1 まえがき

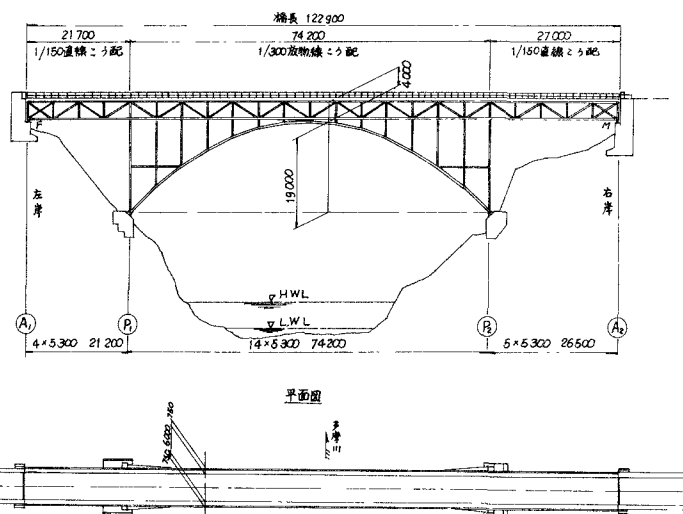
万世橋は、都道197号線が東京都西多摩郡奥多摩町小丹波で多摩川を横断する40所に架る逆ランガー連続トラス橋で、昭和32年7月の架橋であるが、近年の交通量の増大およびこの種の橋梁の経長である振動が著しくなってきたため、従来の設計（昭和34年道保TL-14）による現橋を補修、補強して、TL-20荷重に耐え得る橋梁とするとともに、両側に75cmの歩道を拡中するため、RC床版を鋼床版化して、主要部材の照査、補修補強をおこなった。振動性状の改善策としては、橋軸方向に対しては、現橋台が両端可動であるものと片側固定、片側可動とした。橋軸直角方向の振動に対しては、拱の中間支柱間の対傾構の補強と、また補剛トラスの橋端部対傾構および、下横構の補強により改善することとした。本調査は、これらの補修、補強効果の調査および、橋梁全体の耐荷力も正確に把握して、補修、補強後の供用に支障なく橋梁全体の安全性を確認するためにおこなったものである。

図-1 一般図

側面図

2 測定概要

測定は、補修補強前に、静的タフミ測定と振動測定を、補修補強後に、静的タフミ測定と静的動的ヒズミ測定ならびに振動測定を行なった。静的タフミ測定は一等水準測量とレーザー光線によるタフミ計測装置により測定した。載荷位置は拱の中央部、4点にトラック2台（2625t + 2470t）を並列し後輪荷重を載荷した。振動測定は加速度計を拱の中央部、4点、拱の支点上、側部同の中央的に橋軸方向、橋軸直角方向、変曲方向の3方向に設置し



、荷重率も約20%の速度で走行させ、橋体を自由振動させて振動性状をテーブルコーダーに記録し、一定波高値として数値化させ、数値統計的に拱の固有振動数、減衰率を求めた。静的ヒズミ測定は、自己温度補償型の2軸ゲージを測定対象部材に貼付し、2ゲージ法結線方式によるNon-Balance方式にて測定した。ヒズミ読み取り作業にはデジタルヒズミ測定器（SD400A）、デジタルプリンター（DP250A）を使用した。測定対象部材は上弦材、斜材、下弦材、拱材、直材、端材の6ヶ所で、ゲージ貼付数は42点である。ゲージの貼付点を図-2に示す。試験荷重はトラック2台（2625t + 2470t）を使用し、各々の測定部材を対象にした荷重状態ごとに測定した。動ヒズミ測定は静ヒズミ測定と同じ対象部材について、同一荷重率も20%で走行させたが橋体が相当剛なため、期待していた値より小さかった。

静ヒズミ測定、動ヒズミ測定とも予想したよりも全体的に小さい値であった。この種の測定精度はヒズミについて、 $\pm 20 \times 10^{-6}$ Strain、換算応力にして $\pm 40\%$ 程度であるが、測定値にこの前後の値があること、および測定当日強い降雨があったことなどから測定データとして、必ずしも良い値とは云えない。

3 実験結果と考察

(1) 静的タワミ測定

現橋部材の断面係数を用いて各部材 格差の応力、タワミの影響線の計算を骨組解析プログラム“INF-FRAME”にて行なった。この値を用いて測定時の載荷状態に合致させて理論値と求めた。本橋のタワミの実測値は理論値の70~80%程度と考えていたが、実際の値は支間中央に載荷した場合、約50%以下、 $\frac{1}{4}$ 点載荷で80%程度のうちに低いタワミを示している。支間中央載荷の場合のタワミが小さく $\frac{1}{4}$ 点載荷の場合のタワミが比較的理論値と実測値に近いことの理由は、主としてアーチのクラウン部分の剛性の大きさによるものと考えられる。クラウン部分では主拱と補剛トラスが集中してくることもあって、トラス構造としてよりも全体が剛体に近く結合されるように振舞うものと推定される。これは $\frac{1}{4}$ 点に載荷したときに、支間中央は単に剛体として回転するような変形であることを考えると、 $\frac{1}{4}$ 点載荷の場合のタワミの方が理論値に近い性質を示すことも納得できる。補修補強前後の測定値と理論値の比較は図-3に示す。

図-2 ヒズミ測定対象部材

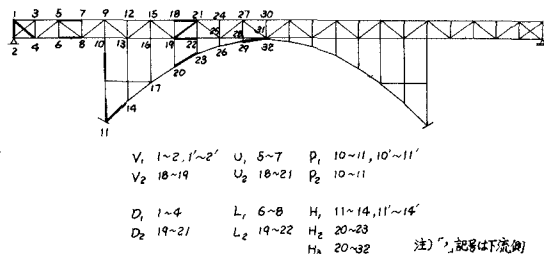
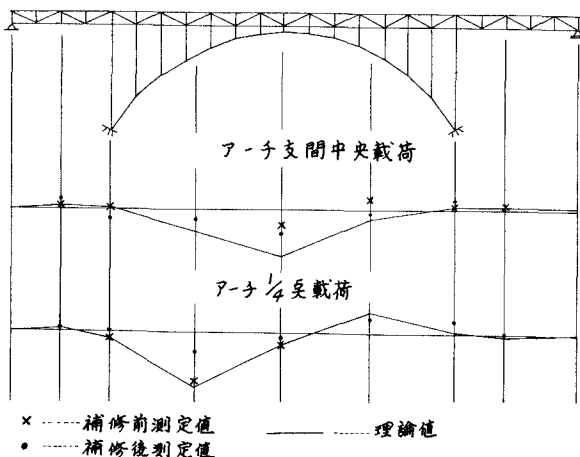


図-3 タワミの理論値と測定値



(2) 振動測定

振動については、ビズグラフより振幅を、相同解析によるグラフより周期と減衰定数と、さらにスペクトル解析によるグラフより振動数を求めた。補修補強前、および補修補強後の振動測定結果を表-12.3に示す。垂直方向の振動は、全体的に補修補強後のほうが振幅が大きく、周期も短くなっている。これは、鋼床版化したことにより橋の自重が軽くなったことと、より弾性的になったことを意味している。振動の波形状のものも、いくらか正弦波に近づいて高周波成分が少なくなっている。つぎに橋軸方向の振動が、補修補強後は振幅、周期とも減少している。これは、橋長を4分割して床版鉄筋を絶縁していた凡て床版を鋼床版化したこと、両端可動部を片側固定部としたためと考えられる。橋軸直角方向の振動についても、補修補強前に比べて補修補強後は振幅、周期とも減少している。これも、橋軸直角方向の振動を減少させるために、中間支柱の対傾構の補強、補剛トラスの端部の対傾構、下横構を補強した結果と考えられる。

(3) 応力測定

6種類の載荷状態について静ヒズミ測定を行なったが、このデータのうち代表的な値を選んで応力に変算したのが表-4である。測定データとしては必ずしも良いものではなかったが、理論値と測定値と比較考察すれば、各々の測定部材のデータは理論値に近い傾向を示した。動ヒズミ測定は荷重車を走行させて応力の変動を動的に記録するものであるが、橋梁全体としての応力の様様を知るのに適している。アーチ主拱の部材は理論通りに、アーチ水平反力の影響線である放物線の形状を示していることが認められた。補剛トラスの応力は原則として正負の影響線面積が等しい交替部材であるがその傾向も測定値に明瞭に認められる。参考として基本耐荷重、定態余力率を算定したが、T1-20に対して各部材が十分な耐荷力を有していることが推定できる。

表-1 振動測定結果(補修補強前)

測点	種別	垂直方向	橋軸直角方向	橋軸方向
支間中央	周期(sec)	0.21	0.61	0.40
	振動数(Hz)	4.76	1.64	2.5
	最大振幅(mm)	0.058	0.228	0.162
支間半点	周期(sec)	0.18	0.63	0.39
	振動数(Hz)	5.55	1.59	2.60
	最大振幅(mm)	0.044	0.210	0.144
支柱上	周期(sec)	0.06 ×	0.60	0.40
	振動数(Hz)	15.92 ×	1.66	2.50
	最大振幅(mm)	0.007	0.144	0.211

注) ※印 換算値のみの参考値とする。

表-2 振動測定結果(補修補強後)

測点	種別	垂直方向	橋軸直角方向	橋軸方向
支間中央	周期(sec)	0.19	0.48	0.25
	振動数(Hz)	4.26	2.08	3.72
	最大振幅(mm)	0.425	0.066	0.129
支間半点	周期(sec)	0.18	0.48 ×	0.19 ×
	振動数(Hz)	5.32	2.08 ×	5.20 ×
	最大振幅(mm)	0.193	0.023	0.030
支柱上	周期(sec)	0.27	0.48 ×	0.23
	振動数(Hz)	3.72	2.08 ×	4.78
	最大振幅(mm)	0.083	0.0428	0.098

注) ×印 換算値のみの参考値にとりわけ。

表-3 減衰定数の値

	垂直方向	橋軸直角方向	橋軸方向
補修、補強前	0.0604	0.0450	0.0440
補修、補強後	0.0680	0.0420	0.0440

表-4 部材応力状態余力率(静荷載前)

部材	測定値 (kg/cm ²)	理論値 (kg/cm ²)	理/測比率	基本耐力率 γ	実態余力率 β
端柱(V1) (上流側)	-157	-292	1.860	1.126	2.09
端柱(V1') (下流側)	-----	-122	1.000	1.126	1.13
斜材(D1)	100	417	4.170	1.396	5.82
斜材(D2)	-130	-173	1.331	1.667	2.22
下弦材(L1)	215	291	1.353	1.372	1.86
下弦材(L2)	-----	331	1.000	1.458	1.46
上弦材(U1)	58	-112	0.931	4.129	3.84
上弦材(U2)	-200	-162	0.810	3.106	2.52
垂直材(V2)	-88	-113	1.284	1.288	1.65
矢柱(P1) (上流側)	-85	-61	0.718	1.840	1.32
矢柱(P2) (上流側)	-162	-128	0.790	1.840	1.45
矢柱(P1') (下流側)	-124	-103	0.831	1.840	1.53
アーチ(A1)	-171	-248	1.450	1.603	2.32
アーチ(A2)	-140	-227	1.620	2.112	3.42
アーチ(A3)	-82	-122	1.487	1.865	2.77
アーチ(A1') (下流側)	-120	-122	1.017	1.603	1.63

※印 実態余力率 $\beta = \gamma \times \frac{\text{載荷試験理論値}}{\text{載荷試験測定値}}$