

(2-5) 日向大橋(鋼ローゼ桁橋)の動力学的測定について

正員 九州大学工学部 ○山 崎 徳 也  
 准員 建設省九州地方建設局 下 川 浩 資

ランガー橋に関する動力学的研究は十分に行われ其性格が明確となつたのであるが、型状並に力学的性状に於ても関係のあるローゼ桁橋に関する研究は余り見当らない。理論的研究への準備として架設後間もない日向大橋の振動及び応力を測定し、その動力学的性状把握への資料とした。

1. 測定要領

田辺式撓度計 2 台を使用し下弦 1/4 点及び 1/2 点の動的撓みと固有振動を同時測定し、両者の比較検討に資した。更に 6 エLEMENTの動的電気抵抗線歪計を使用し上弦材、下弦材の 1/2 点及び 1/4 点を含め 6 個所の部材応力を 3~4 個宛一括同時測定し 4 組の組合せとすることにより 6 個所相互の関係考察を可能としすべて前記撓み測定と同時作業とした。衝撃試験としてはスパン中央に厚さ 25 mm, 巾 30 cm の厚板 1~2 枚を渡しこれを通過させて測定した。測定に用いたスパン並に主構はローゼ 3 連中右岸寄り、下流側のものであり試験荷重は満載 8.865 t トラックで單車走行、往復を単位として速度効果をしらべた。

2. 測定結果

(1) 固有振動周期試験荷重走行後の振動を撓み、応力共に測定した。

結果から固有振動周期を求めてみると高次のもは論外として、上弦の 1/2 点と 1/4 点附近 2 測定並びに下弦の 1/2 点の都合 4 個の動的応力及び 1/2 点の動的撓みは 0.35 秒、下弦の 1/4 点附近 2 測点の動的応力並びに 1/4 点の動的撓みは 0.49 秒の周期を示している。

日向大橋は上下弦の断面 2 次モーメントに比して垂直材のそれは極めて小さく上下弦で別々の振動が或る程度許され、尚上弦と下弦のモーメント分配比が約 0.13:0.87 であり上弦のモーメントは小さく軸力の影響が支配的で上弦には此の軸力による対称振動が一次的に現われ、通常アーチの 1/4 点で観察さるべき非対称振動も影をひそめたと思われる。下弦では 1/2 点は 0.35 秒、1/4 点は 0.49 秒であり、1/4 点の撓み影響線の形状からも考えられる如く中点を節をもつ非対称振動がこゝでは一次的に現われ 1/2 点にのみ上弦と同じ周期が現われると考えられる。

上記の周期測定結果から垂直材特に 1/4 点附近の部材に相当の交番応力が起ることが危惧されるが、惜しむらくは垂直材測定を行つていず定量的確言は出来ぬもの下弦材応力波形に 0.35 秒と 0.49 秒の合成振動が著しく認められ、他方上弦材波形にもこれが転移する故垂直材の交番応力的性質を注目しなければならぬことが明示された。

(2) 動的撓み

右岸→左岸走行の場合 1/4 点は 35 km/h 位で撓み増加率最大、1/2 点は速度と共に増加率も大となり、左岸→右岸の場合 1/4 点では矢張り 35 km/h 附近以上は危険速度と云え 1/2 点は速度と共に増加している。両測点とも、正反方向別の増加率に対する速度効果の傾向は合致しているが特に動的最大の撓みの大きさに於て左岸→右岸の

表-1

表-2

右岸→左岸 (宮崎→大分)

走行速度	1/4 点			1/2 点		
	静的最大撓	動的最大撓	増加率	静的最大撓	動的最大撓	増加率
km/h	mm	mm	%	mm	mm	%
10.44	2.41	2.68	11	1.70	1.97	16
18.28	2.24	2.39	7	1.77	2.16	22
27.10	2.37	2.74	16	1.83	2.41	32
32.59	2.39	2.97	24	1.72	2.49	45
45.51	2.18	2.53	16	1.81	2.80	55
10.38	2.39	2.76	16			
10.12	2.35	2.66	13			
17.00	2.24	2.49	11			
36.99	2.24	2.66	19			
48.05	2.41	2.74	14			

左岸→右岸 (大分→宮崎)

走行速度	1/4 点			1/2 点		
	静的最大撓	動的最大撓	増加率	静的最大撓	動的最大撓	増加率
km/h	mm	mm	%	mm	mm	%
9.93	2.53	2.87	13	2.08	2.39	15
18.27	2.35	2.66	13	1.81	2.49	38
26.51	2.22	2.60	17	1.74	2.22	27
37.11	2.28	3.07	35	1.70	2.95	73
40.20	2.33	3.07	32	1.87	3.26	74
10.40	2.44	2.66	19			
10.53	2.45	2.91	19			
約 20	2.28	2.49	9			
34.60	2.45	3.12	27			
40.54	2.33	3.26	40			

方が聊か大きいのは隣接ローゼの影響が考えられる。

次に 1/2 点と 1/4 点とを比較してみるに静的撓み量は 1/4 点の方が 1/2 点よりも約 30% 大であり剛性計算には 1/4 点を重視すべきである。一方動的撓みを看れば増加率は各速度とも 1/2 点の方が大きいが動的最大撓みは低速に於ては当然振動の影響少く従つて 1/4 点がすべて 1/2 点より大きいが、35 km/h 以上にては速度増加と共に両者接近し遂には同値ともなつている。(表-1, 2 参照)

(3) 動的応力

振動による応力増加率も速度効果, 方向別特徴に於て前記撓みの場合と類似の結果を示している。尚隣接ローゼ桁 2 連よりの振動伝播は相当著しくこれは撓み測定にあつても等しく認められた。

静的最大応力の理論値に対する実測値の比率は上弦中央で 80~120%, 1/4 点附近で 80~85%, 下弦中央で 50~80%, 1/4 点で 45~52% であり下弦材が小さく現われている。

(4) 其 の 他

他に減衰, 衝撃の影響についても吟味を行つた。

(2-6) 橋脚井筒の耐震計算法に関する二, 三の考察

正員 京都大学工学部 後 藤 尙 男

主として理論計算的に解明した 3 項目を報告する。

1. 振動性状に及ぼす剪断の影響

井筒及び橋脚に関する曲げと剪断とを同時に考慮した振動の基礎式は次のようにかける (記号従前通り)。

$$\left. \begin{aligned} E_1 I_1 \frac{\partial^4 y_1}{\partial x_1^4} + b_1 K y_1 + \frac{w_1 a_1}{g} \frac{\partial^2 y_1}{\partial t^2} - \frac{E_1 I_1 b_1 K}{k_1' a_1 G_1} \frac{\partial^2 y_1}{\partial t^2} - \frac{E_1 I_1 w_1}{k_1' G_1 g} \frac{\partial^4 y_1}{\partial x_1^2 \partial t^2} = 0, \\ E_2 I_2 \frac{\partial^4 y_2}{\partial x_2^4} + \frac{w_2 a_2}{g} \frac{\partial^2 y_2}{\partial t^2} - \frac{E_2 I_2 w_2}{k_2' G_2 g} \frac{\partial^4 y_2}{\partial x_2^2 \partial t^2} = 0. \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1)$$

こゝに G を含む項はすべて剪断の影響を示す。式 (1) を境界条件を満足するように連立に解くと自由振動の解をうる。實在橋脚を例にとつて固有周期計算値 (弾性動揺振動) を表-1 に示したが、これから剪断の影響は非常に小さく實際上無視しても差支えないと思われる。

表-1 弾性動揺振動固有周期 T(sec) に及ぼす剪断の影響 (計算例)

	T	曲げ	曲げ剪断	剪断	備考
中角橋脚 No.5	T <sub>F</sub>	0.4565	0.4585	0.1001	橋軸平行方向 K=6 (kg/cm)
	T <sub>R</sub>	0.4540	0.4604	0.0957	
丸頭橋脚 No.3	T <sub>R</sub>	0.2607	0.2715	0.1227	直角方向, 5 (kg/cm)

T<sub>F</sub>: 振動数方程式, T<sub>R</sub>: Rayleigh 法, W=0 底面反力無視

2. 動的計算値の静値に対する比率

弾性動揺振動を 1 自由度系, 設計地動を孤立余弦波とすると, 時間函数 q に関する次式をうる。

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + 2\epsilon \frac{dq}{dt} + m^2 q = n^2 \alpha_0 \cos pt, \quad 2\epsilon = n\delta d/\pi, \quad 0 \leq pt \leq 2\pi \dots\dots\dots(2)$$

實在橋脚の振動試験その他から n, p, ε の範囲を決めて, 式 (2) の過渡状態を Analog Computer で計算した。

$$\frac{\text{動値}}{\text{静値}} = \frac{y_d}{y_s} = \frac{\eta q_{\max}}{\eta \alpha_0} = \frac{q_{\max}}{\alpha_0}, \quad \alpha_0 : \text{震度} \dots\dots\dots(3)$$

式 (3) の q<sub>max</sub> は式 (2) の解 q の最大値であるので危険率 0 に相当する (図-1)。図-2 は第 3 四分点すなわち危険率 25% を採用した場合を示す (5, 10, 15% : 図省略)。

結局静値を計算してこれに 図-1, 2 の比率を乗ずればよいが, 概ねこの比率は實際上最大 1.5 程度と考へてよいと思う (もちろん n/p と ε の値で異なる)。

3. 井筒の側面水平摩擦力 p' と底面上向反力 q を考慮した静計算法