

熊本大学 正員 吉村虎蔵 熊本大学 正員 増見豊彦

同 同 平井一男 日本電気 瀬戸口 徹

同 同 田久実明

天草連絡道路第3号橋・第4号橋とはりの中間にヒンジをもつPCラーメン橋についてその固有周期・固有振動モードの実験的ならびに理論的研究, および一定力走行による動的にわめの理論的研究などについて報告する.

1. 天草第3号橋の固有振動について.

本橋は100+160+100(m)の3径間PC連続ラーメン橋(図-1)で中央径間中点にせん力のみを伝えるヒンジをもち両橋台はローラー支承である. 起振機による本橋の振動試験の結果得られた固有周期などを表-1に記す. 固有振動の解析については次のように各種の条件の下で解きそれらの結果を表-1にあげて実験値と比較した.

A. 1スパンを3ヶの集中質量(全径間を13ヶ)に置換したとき.

(A-1) 鉛直振動

(i) 鉛直慣性力のみを考慮したときの鉛直固有振動(3-V-13).

(ii) 鉛直慣性力と水平慣性力(橋脚の曲げによって水平変位が生じる)とを考慮したときの鉛直固有振動(3-VH-13).

(iv) 橋脚固定端の弾性支持条件を考慮したときの鉛直固有振動(鉛直慣性力のみを考慮). 地盤係数として20, 40 kg/cm²を用いた(3-V-13-K20, 3-V-13-K40).

(A-2) 橋軸と直交方向の水平振動

B. 全径間を29ヶの集中質量に置換したとき.

(B-1) 鉛直慣性力のみを考慮(3-V-29).

(B-2) 橋軸と直交方向の水平振動(3-HP-29).

表-1 天草第3号橋の固有周期の実験値と解析値 (カッコ内は周期比%)

鉛直振動	振動次数	実験値		理論固有周期 sec				
	n	固有 sec	振幅減衰率	3-V-13	3-VH-13	3-V-13-K40	3-V-13-K20	3-V-29
対称	1	1.00	—	1.27 (79)	1.27 (79)	1.30 (77)	1.34 (75)	1.08 (92)
	3	0.535	0.062-0.11	0.638 (84)	0.643 (83)	0.671 (80)	0.677 (79)	0.543 (97)
	5	0.295	0.18	0.358 (82)	0.359 (82)	0.376 (78)	0.365 (79)	0.288 (102)
	逆対称	2	0.634	0.092	0.661 (96)	0.660 (96)	0.701 (90)	0.717 (88)
	4	0.363	0.044-0.045	0.371 (98)	0.370 (98)	0.378 (96)	0.379 (96)	0.371 (98)

橋軸と直交方向の水平振動	対称	n	3-HP-13				3-HP-29
			1	0.15	1.53 (67)	1.40 (73)	
			3	0.560	0.075-0.11	0.644 (87)	0.568 (98)
			5	0.289	0.11-0.13	0.356 (81)	0.271 (107)
逆対称	2	0.585	0.032-0.064	0.672 (87)	0.624 (94)		
	4	0.400	0.072-0.08	0.403 (99)	0.383 (106)		

図-1 天草第3号橋の鉛直振動モード(3-V-29)

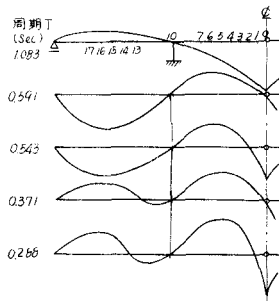
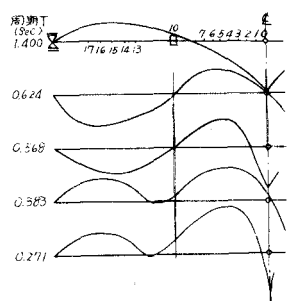


図-2 天草第3号橋の水平振動モード(3-HP-29)



これらの理論値の振動モードを図-1, 図-2に示す。

2. 天草オ4号橋の固有振動について。

上と同種の本橋(40+3@146+32 (m), 図-3)の実験値としては橋軸と直角方向の水平振動だけを表-2に記す。全径間を21ヶと29ヶの集中質量におよがせたとときの理論値を(4-V-21, 4-HP-29)にまとめた。理論モードは図-3, 図-4の通り。

表-2 天草オ4号橋の固有周期の実験値と解析値

	振動次数 n	実 験 値		理 論 周 期 sec.
		周 期 sec.	対数減衰率	
鉛直振動	1	—	—	1.03
	2	—	—	0.924
	3	—	—	0.865
橋水軸 軸平直 振動	1	1.12	0.11	1.30 (86%)
	2	0.873	0.078	1.12 (78%)
	3	0.755	0.14~0.093	1.03 (74%)

図-3 天草オ4号橋の鉛直振動モード(4-V-21)

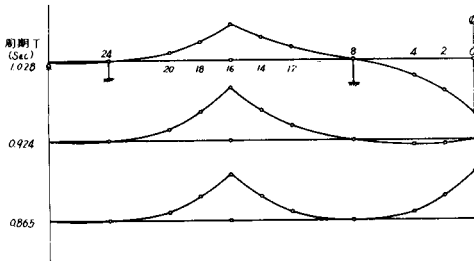
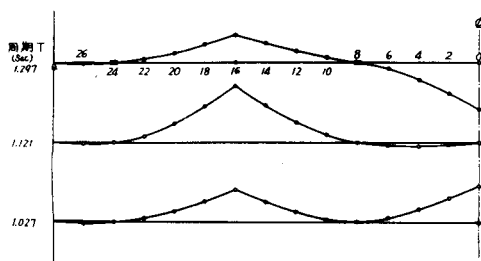


図-4 天草オ4号橋の水平振動モード(4-HP-29)



3. 走行力による動的たわみの解析について。

一走行力Pによる橋梁の動的たわみWは次式から求めることができる。従来の式に減衰項を入れた。

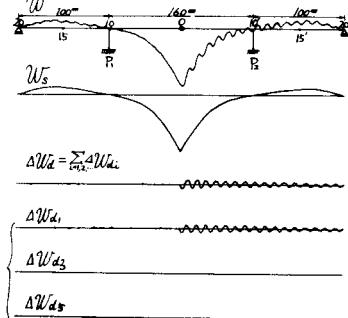
$$\ddot{W}_m + C'_m \dot{W}_m + \omega_m^2 W_m = \bar{\omega}_m(x_i) \cdot \bar{\omega}_m(x_j) P_j,$$

$$W = \sum_{m=1}^{\infty} W_m$$

こゝに W_m はm次のモードによる x_i 点の動的たわみ、 $\cdot$ は時間についての微分、 $C'_m = \frac{g}{W_i} C_m$ (但 C_m はm次の振動のときの減衰係数、 $\frac{W_i}{g}$ はi点の集中質量、各点で C'_m は等しいと仮定する)、 $\bar{\omega}_m$ はm次の正規化振動モード、 x_j は荷重点の座標であつて走行力のときは時間の関数となる。

こゝに扱う橋梁の固有振動は集中質量の方法で解いたのに $\bar{\omega}_m$ は不連続の折線で近似されている。その $\bar{\omega}_m$ の資料を使って上式を解くためにこゝではRunge-Kutta-Gillの方法を用いた。3径間の代表として天草オ4号橋を、多径間の例として夕葉橋(43.17+3@55.00+43.17 (m))を並び計算結果を図-5, 6に示す。 $m=1, 2, \dots, 5$ まで、 W_m は実験値を、また C'_m も実験による値を入れた。図の中で動的たわみ(W) = 静的たわみ(W_s) + 動的増加たわみ(ΔW_d)である。

図-5 天草オ3号橋の走行力による動的たわみ



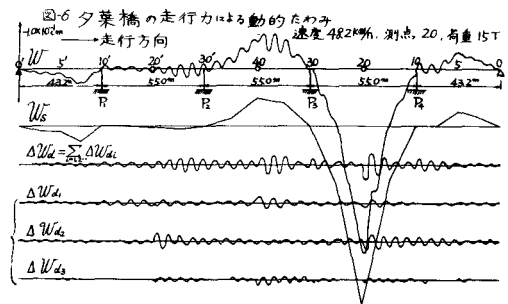
結び

(1). 天草サヲ号橋の研究から3-V-13, 3-VH-13の理論値が大差のないことがわかる。橋脚固定端の弾性地盤支持の影響も小さい(実際には K は 40 kg/cm^2 より大)ことがわかる。置換質量数は多いほど解は精確であるが29ヶ値にとると固有周期・振動モードともに実験値と理論値がよく一致する。集中質量の数を少くして解くとヒンジ附近のモードが実験値と一致せずまた固有周期も10~15%ほど大き目に出る。

(2). 天草サ4号橋では橋軸と直角方向の水平振動だけについて実験値と理論値とを比べることができた。サヲ号橋ほどには一致しないがモードはほとんど一致する。鉛直振動については実験時の橋台上の桁の支持状態が完成時のそれではなかったから実験資料をとることができなかった。

(3). 対数減衰率は0.05~0.11であつて鋼橋(サ1, サ2, サヲ号橋)の0.03~0.07に比べて大きい。

(4). 今の段階では動的たわみの実験値がないのでそれと理論値とを比較することが出来ないが、ここに扱った理論による2通りの計算結果をみると、荷重がヒンジ通過のあとに動的増加にたわみ(ΔW_d)の現われるのが目につくようである。しかしながら動的増加率($\Delta W_{\max}/W_{\max}$)は他の橋梁に比べて大きいとはいえないようであり、またこの計算例だけから軽率な判断が直ちに出来るべきでないとも考える。



(注) (1) 吉村平井, ランガー桁の動的解析, 土木学会論文集 サ101号

(2) 吉村平井, 夕葉橋の振動解析と振動試験について, 道路 1964.11