

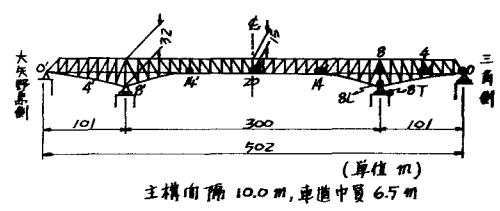
天草サ-号橋振動試験について

熊大 正貢 吉村虎蔵 熊大 正貢 平井一男
 ・ 正貢 田久英明 ・ 正貢 増見豊孝

天草連絡道路サ-号橋の動的な基礎資料を得るために行なつた起振機による振動試験の結果、おゝ理論値との比較はと次の項目にわたつて報告する。

- (1). 固有周期の理論的研究と実験値との比較研究。
- (2). 固有振動モードに関する理論的研究と実験値との比較研究。
- (3). 減衰係数に関する研究。

図-1 加速度計おゝ起振機設置点



I. 振動試験

[1]. 実験計画。

実験の種類は下記の通り。

- (1). 鉛直加振時の固有振動数・鉛直振動モード減衰係数の測定。
- (2). 鉛直加振時のトラス水平振動おゝ橋脚の鉛直振動と水平振動の測定。
- (3). 橋軸と直交方向の水平加振による本橋の横方向の固有振動数・振動モード・減衰係数の測定。

本橋の振動試験に使用した機器は、起振機(10%で5ton)・動歪測定器(DM-6E)・ペン書きオシログラフ(WA-3E)・加速度計(120A-2D)である。また加速度計の配置は図-1のように橋面ではコンフリートスライ上に0(三角制支点上)・4(サイドスパン 1/2点)・8(三角制橋脚上)・14(センタースパン 1/4点)・20(センタースパン 1/2点)・14'(センタースパン 3/4点)の6個を他に8L(橋脚上鉛直线下端)・8T(橋脚天端)の合計8台を設置した。起振機は20, 14, 4点の3点に移設して加振した。

[2]. 鉛直加振時の振動について。

この振動試験ではまず点20におゝて上下加振した。この加振によって鉛直対称振動が把握され、他の点14, 4における加振によって逆対称振動と対称振動のいくつかを調査することができる。

鉛直振動の共振点は表-1の通り。

これらの共振時における固有振動数・振動モードを加速度計によつて測定し、また対数減衰率を求めた。これらを表-5, 図-5, 表-6に示す。

表-1 鉛直振動共振点

加振点 Y.P. m	20 (V-20)	14 (V-14)	4 (V-4)
200			
400	310 S (n=1)	310 S (n=1)	
600		510 AS (n=2)	
800	730 S (n=3) 740 S (n=3)	740 S (n=3)	740 S (n=3) 740 S (n=3)
1000	930 S (n=5)		840 AS (n=4) 910 AS (n=4) 920 S (n=5)
1200			
1400	1360 S (n=7) 1360 S (n=7)		

S: 対称振動

AS: 逆対称振動

振動変位は鉛直変位と橋軸方向の水平変位とを測定し、とくに橋脚天端の鉛直・水平変位をも測定した。また共振時における3点0, 20, 14', 8T(橋脚天端), 8L(橋脚上鉛直线下端)の水平変位と

点14の鉛直変位を同時に測定した。点14の鉛直変位と他の点の水平変位を比べると表-2の通り。

鉛直振動の共振時における橋脚天端 8T の水平振動は表-2のように点14の鉛直変位の1%以下であり、変位の最大値は全振中で 0.13 mm で極めて微小である。

また 8T の鉛直変位をも測定したが、使用した計器では測定ができなほど微小であった。

③ 橋軸と直角方向の水平振動について。

表-2 鉛直振動時の水平変位 (全振中 mm)

変位測定点 n	水 平 変 位						鉛直変位
	0(ha)	8T(ha)	8L(ha)	8(ha)	14'(ha)	20(ha)	14(v)
3	0	0.13	0.95	—	0.04	0.09	0.84
	(0)	(15)	(112)	—	(43)	(10)	(100)
4	0.38	0.12	0.40	—	0.18	0.17	0.76
	(50)	(16)	(53)	—	(24)	(22)	(100)
5	0.06	0.04	0.35	—	0.04	0.09	0.86
	(7)	(5)	(40)	—	(5)	(10)	(100)
7	0.24	0.11	0.18	0.41	—	0.09	0.74
	(32)	(15)	(24)	(55)	—	(8)	(100)

(注) 上欄は変位(mm), 下欄は鉛直変位に対する比(%)
カリコ

この振動試験では点20における加振と点14における加振によって、橋軸と直角方向の水平固有振動数と振動モードおよび対数減衰率を測定した。この振動については現在振動解析を行なっているが、測定した振動モードに振動次数を仮りに与えた。これを表-7, 図-4, 表-8に示す。補正した共振点は表-3の通り。

橋点8における鉛直方向の水平変位があるので点8の変位が零でないのが目につく。この変位があるために S1 の振動より低い対称振動があるかも知れないが、測定出来なかった。

またこの振動でのトラスの振れを測定するために点14の右側の主構に鉛直加速度計を設けた。これよりこの実験における振動の S1, S2 には振れがなく, S4 では微小な振れがみられる。

II 振動解析。

鉛直振動に関する解析。

本橋の振動解析を行なうため、トラスを多質点系に置換して解いた。こゝでは次の仮定のもとに鉛直振動を解いた。

- (1). 本橋を図-2 の 13 質点系に置換する。
- (2). 集中質量は取扱いの便上、下弦橋点に集中させる。
- (3). 鉛直慣性力のみを考慮し水平慣性力は無視する。
- (4). 集中質量は表-4 の通り。(表の重量は完成時の重量である。実験時には未舗装であり吊足端のある状態であった。一主構あたり未舗装重量 219/2 ton, 吊足端重量 48/2 ton. この重量の相違による固有周期への影響は 2% 程度である。)

熊本 FACOM 231 による解析結果から表-5, 図-3 が得られた。

表-3 橋軸と直角方向の水平振動の共振点

振動モード モード番号	20	14
1. P. m		
400	● 480 S (S1)	● 380 AS (AS1)
600	● 660 S (S2)	● 680 S (S2)
800		● 880 AS (AS2)
1000	● 1060 S (S3)	● 1060 S (S3)
1200	● 1120 S (S3)	● 1120 S (S3)

図-2 解析のモデル

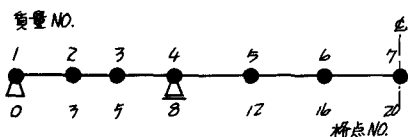


表-4 集中質量

質量NO.	1	2	3	4	5	6	7		
橋点NO.	0	1	2	3	4	5	6	7	
質量 + 橋点増量	25.68	50.18	50.92	52.36	59.10	64.61	66.47	68.17	
集中質量		191.69		154.12		262.77		227.09	
橋点NO.	12	13	14	15	16	17	18	19	20
質量	57.25	53.07	52.66	49.96	50.88	47.97	47.94	46.79	48.61
集中質量						171.13			

(単位 ton)

III. 結論.

1. 鉛直振動について.

(1) 鉛直振動固有周期の実験値と理論値との比較

測定した鉛直振動固有周期と、鉛直振動解析による理論値とを比較すると表-5となる。高次振動 $n=7$ を除けば周期比の平均は 88% となる。

(2) 鉛直振動モードの実験値と理論値との比較.

鉛直加振時の振動モードの比較を図-3に示す。モード図を比較すると大体一致しているが、点 8 の上下変位の異なることが知られる。これは振動解析の仮定(2)が実際と相違するからである。

(3) 鉛直振動における対数減衰率について.

各次の振動に対して測定した対数減衰率は表-6の通り。

(4) 鉛直振動時の他の振動性状について.

鉛直加振の共振点においてトラスの水平変位の大きさ、および三角脚橋脚天端の上下動・水平動をも測定した。前者のデータでは水平変位がかなり大きい場合もあるのでこのような橋の振動解析には厳密には水平慣性力を考慮すべきことがわかる。また後者の水平変位は極めて微小、上下動は測定出来ない程度微小であった。

図-3 鉛直加振時の振動モードの比較

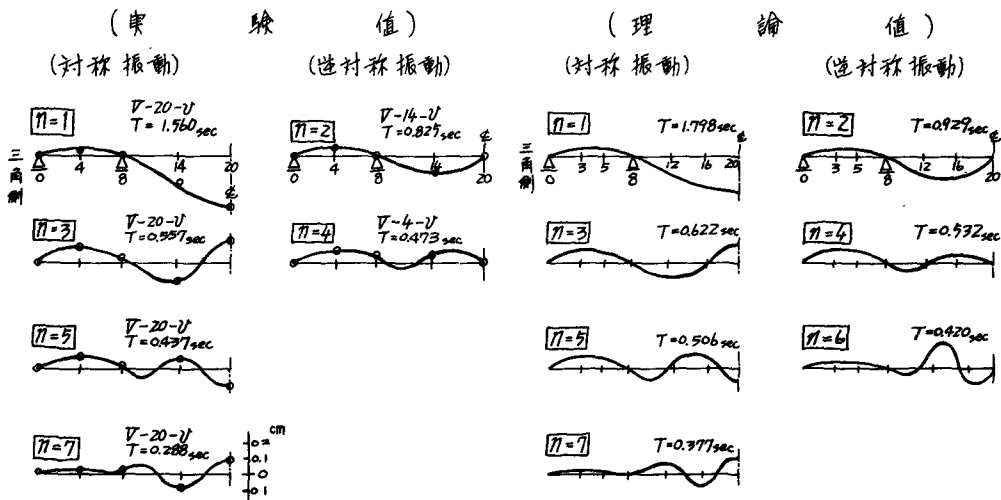


表-5 鉛直振動固有周期の実験値と理論値との比較

次数 n	対称振動周期(sec)		比 %	逆対称振動周期(sec)		比 %
	測定値	理論値		測定値	理論値	
1	1.56	1.80	87			
2				0.825	0.929	89
3	0.557	0.622	90			
4				0.473	0.532	89
5	0.437	0.506	86			
6				—	0.420	—
7	0.288	0.377	77			

表-6 鉛直加振時の
対数減衰率

次数 (n)	対称振動	逆対称振動
1	0.028 ~ 0.031	
2		0.035
3	0.023 ~ 0.041	
4		0.092 ~ 0.099
5	0.027 ~ 0.031	
6		—
7	0.037 ~ 0.051	

② 橋軸と直角方向の水平振動について。

(1) 橋軸と直角方向水平振動の固有周期。

この場合の理論的解析は現在行なっているが、補正に基振周期を便宜上対称振動では S1, S2, S3, S4, 逆対称振動では AS1, AS2 として表-7 に示す。表-7 から把握されることは、S1 よりも低次の対称振動が存在するのではないかと、および S1 と S2 との向にも一つ逆対称振動の共振点があるのではないかとということである。前者は起振力不足のため、後者は振動モードの節の近くで加振したためと思われる。

(2) 橋軸と直角方向水平振動モード。

この加振時の振動モードを図-4 に示す。点8の橋軸直角方向の水平変位(橋面の変位)が大きく現われることが知られるが、点8の鉛直方向の水平変位が生じるからで当然のことである。

(3) 橋軸と直角方向水平加振時の対数減衰率。

測定した対数減衰率を表-8 に示す。

(4) 橋軸と直角方向水平振動の他の振動性状。

この振動によるトラスの揺れをみるために点14の左右の主構の上下変位を測定したが、S1, S2 では揺れは小さく S4 で微小な揺れがみられた。

図-4 水平加振時の振動モード

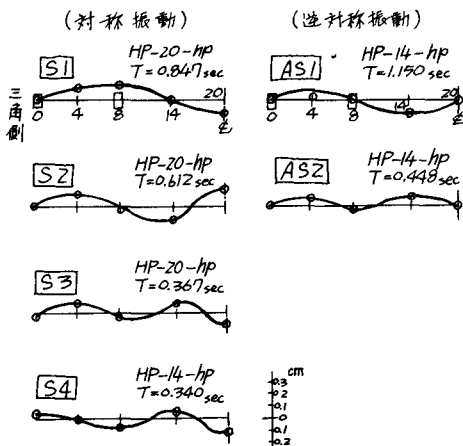


表-7 橋軸と直角方向の水平振動の固有周期(sec)

次数	対称振動	次数	逆対称振動
S1	0.847		
		AS1	1.15
S2	0.612		
		AS2	0.448
S3	0.367		
S4	0.340		

表-8 水平加振時の対数減衰率

次数	対称振動	次数	逆対称振動
S1	0.045 ~ 0.05		
		AS1	0.070
S2	0.056 ~ 0.074		
		AS2	0.034 ~ 0.039
S3	0.066 ~ 0.071		
S4	0.068 ~ 0.072		