

水資源公団

大石克雄

東北大学工学部 正員 倉西 茂

正員 西沢 勝

1. 序論

通釜橋⁽¹⁾は山形県白川ダム上流に架設されたいわゆるニールセン型アーチ橋である。設計はニールセン型アーチというよりは曲弦トラス橋であり、腹材が非耐圧縮材であるために生ずる二次応力に対応するために、弦材に曲げ剛性を持たせるという考え方に立って行なわれた。こういった型式の橋梁は架設応力、振動性状に問題があると思われるので以下に述べる実験を行なった。

2. 実験

静的載荷試験は、載荷荷重として総重量20tダンプトラックを四台用い、載荷位置を変えて六ケース行なった。各ケースごとに、ひずみ、たわみ、吊材張力の測定を行なった。

動的加振試験は、偏心質量を回転させて加振力を得るもので、建設省土木研究所所属の15t連続式振起を用いて行なった。加振ケースは、 $\frac{1}{2}$ 鉛直、 $\frac{1}{4}$ 鉛直、 $\frac{1}{2}$ 橋軸、 $\frac{1}{2}$ 橋軸まわりねじり、 $\frac{1}{2}$ 面外の計五ケースについて実験を行なった。本論文では動的加振試験を中心に、測定結果の一部を報告する。静的載荷試験結果についてもかなり良好な結果が得られている。

3. 測定結果及び考察

吊材張力：表-1に振動法により算出した無載荷時における吊材張力測定結果を示した。左岸側と右岸

表-1 吊材張力測定結果(活荷重無載荷)

(左岸側) 吊材	上下 振動数 (Hz)	張力 (ton)			(右岸側) 吊材	上下 振動数 (Hz)	張力 (ton)		
		実験値	理論値	誤差			実験値	理論値	誤差
2-62	上	20.8	20.3	27.70	21-23	上	22.3	23.3	-4.40
	下	22.5	23.7	-4.00		下	7.2	8.2	-2.77
2-61	上	6.4	6.5	10.97	21-24	上	6.4	6.5	-4.47
	下	6.5	6.7	-4.27		下	11.5	28.4	2.94
3-60	上	12.5	33.5	25.46	20-25	上	9.9	21.0	-4.46
	下	11.0	26.0	0.54		下	5.0	14.3	9.53
3-58	上	5.5	17.4	9.53	20-27	上	6.7	18.8	-2.39
	下	4.8	13.2	3.67		下	8.4	29.5	8.31
4-59	上	7.1	21.1	21.19	19-26	上	3.8	15.9	14.60
	下	7.3	22.3	-1.11		下	4.3	13.2	-6.06
4-55	上	3.4	12.7	14.60	19-30	上	4.3	13.2	-6.06
	下	3.9	16.7	2.10		下	3.9	24.8	17.62
5-57	上	4.2	12.6	19.26	18-28	上	3.7	14.4	-3.88
	下	4.8	16.5	-6.66		下	3.8	15.2	-3.08
5-53	上	3.1	15.7	17.62	17-29	上	2.8	16.4	-1.89
	下	3.3	17.8	0.18		下	4.0	22.7	4.63
6-56	上	3.6	13.7	18.28	16-31	上	3.8	20.5	2.43
	下	3.4	12.2	-6.08		下	2.7	18.0	-0.45
6-51	上	3.2	21.4	18.29	16-37	上	2.7	18.0	-0.45
	下	3.0	18.8	0.51		下	2.8	13.9	-4.07
7-54	上	3.3	15.4	18.07	15-33	上	3.0	16.0	-1.97
	下	3.1	13.6	-4.47		下	2.6	18.4	18.55
7-48	上	3.2	25.3	18.45	15-39	上	2.6	18.4	-0.15
	下	2.7	18.0	-0.45		下	2.6	14.3	-3.51
8-52	上	2.7	13.0	17.97	14-35	上	2.6	14.3	-3.51
	下	3.0	16.0	-1.97		下	2.5	17.9	-0.71
8-46	上	2.6	18.4	18.55	14-41	上	2.6	19.3	0.69
	下	2.4	15.7	-2.85		下	2.4	13.9	-4.71
9-50	上	2.7	15.5	17.81	13-36	上	2.3	12.8	-5.81
	下	2.6	14.3	-3.51		下	2.5	18.1	-0.40
9-44	上	2.6	19.3	18.61	13-43	上	2.7	21.1	2.60
	下	2.3	15.1	-3.51		下	2.5	16.6	-1.44
10-49	上	2.4	13.9	-4.71	12-38	上	2.3	14.1	-3.94
	下	2.5	15.1	-3.51		下	2.4	16.4	-1.91
10-42	上	2.4	16.7	18.50	12-45	上	2.2	13.8	-4.51
	下	2.4	16.7	-1.80		下	2.2	13.8	-4.51
11-47	上	2.3	14.1	18.04					
	下	2.2	12.9	-5.14					
11-40	上	2.3	15.1	18.31					
	下	2.3	15.1	-3.21					
誤差平均 -2.66									

注) 上は上流側、下は下流側を振らす。

表-2 吊材張力変化の測定結果(荷重載荷)

吊材	Case-1				Case-3				Case-5			
	振動法	主法	計算(1)	計算(2)	振動法	主法	計算(1)	計算(2)	振動法	主法	計算(1)	計算(2)
2-62	5.0	3.6	7.5	12.6	1.4	0.4	1.3	0.7	0	7.7	1.4	0.6
2-61	7.6	5.8	8.8	-	-0.6	1.2	-1.9	-	-0.8	-1.3	-1.3	-
3-60	0	3.3	-0.7	3.9	1.4	2.1	1.9	1.7	0.6	-1.0	1.8	1.1
4-57	-3.0	-	-3.9	-2.6	3.2	-	4.1	3.4	1.9	-	2.1	1.9
4-55	5.0	-	6.7	9.5	7.8	-	7.9	8.0	-2.2	-	-2.1	-2.6
5-57	-3.3	-3.5	-4.0	-3.6	2.8	2.9	4.8	4.8	2.1	2.3	2.7	2.6
5-53	-	4.0	4.5	4.9	-	11.7	13.8	13.8	-	-2.6	-2.5	-2.6

注) 1. 張力の単位は ton。
2. 計算(1)は全吊材を有効とした構造系に対する計算値。
3. 計算(2)は圧縮力を受ける吊材を取り除いた構造系に対する計算値。

側はおおむね良好な対称性を示しているように思われる。又各吊材応力は、本実験の総合的誤差と認められるべき値として平均2.7%程度(左岸側平均-1.6%, 右岸側平均-1.1%)小さく測定された。しかし実験誤差を考えると、一部の吊材張力ものぞいては、かなりよく理論値と一致している傾向を示しており、一様な応力が導入されていると判断される。表-2には載荷時における吊材張力変化を計算値と対比して示してある。温度応力等の影響を考慮すると、一概に比較することは不適当な面もあるが、歪法より振動法で測定した値のほうが計算値に近い値を示している。振動法、計算(1)、計算(2)の結果を比較するとCase-1では1:1.3:1.6, Case-3では1:1.3:1.1 Case-5では1:1.6:1.4という平均倍率となり、Case-1のものについては計算(2)の有効性が表われている。

振動数： 図-1、図-2に共振曲線より求めた振動数及びそれに対応する面内振動モードを理論値と比較して示した。対称一次の振動数が理論値より20%程大きく測定されたほかは理論値と実測値はよく一致している。又面外一次の実測振動数は $\frac{1}{2}$ 橋軸まわりねじり2.37%, $\frac{1}{2}$ 面外2.90%と面内振動数より高い値が得られており、面外剛度は充分あることが認められた。又特に有窓な面外振動、ねじり振動は認められなかった。上、下弦材の実測振動数にも大差は認められず、非耐圧縮材を腹材に用いても橋全体は一体として働くことが確認された。

振動モード： 対称一次振動モードにおいて、ウラウ部分でわずかなではあるが二次モードに近い形のものが見られるのが認められる。その他の次数の振動モードは理論値とよく一致している。

減衰性： 表-3に振幅の減衰から求めた減衰性一覧表を示した。鉛直対称振動と鉛直逆対称振動では、鉛直逆対称振動のほうが減衰定数は小さい。又鉛直対称振動では、一次振動に比較して三次振動のほうが減衰定数は大きいことが認められる。ねじり振動の減衰定数は0.004(3次)、面外振動の減衰定数は0.008(2次)と測定されており、鉛直対称振動の減衰定数が最も大きな値を示している。

(1) 支間180.6m, ライズ25.0m, 有効幅員6.5m。

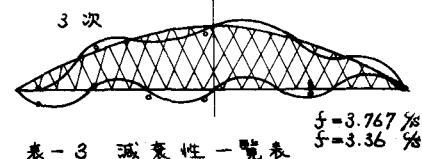
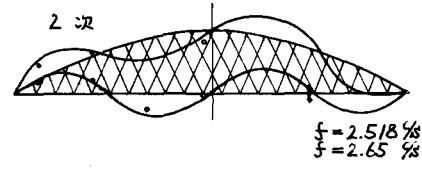
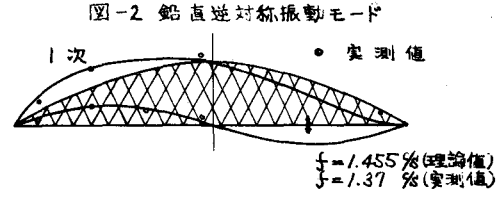
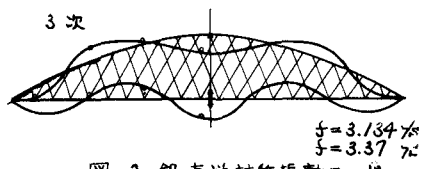
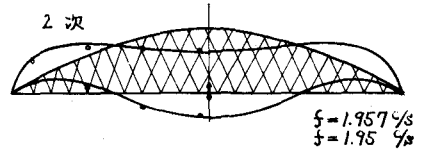
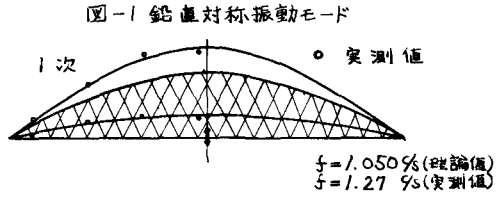


表-3 減衰性一覧表

試験 case	測定矢 長	1~4 波			20~23 波			平均
		振動数 Hz	振幅減衰率 %	減衰定数	振動数 Hz	振幅減衰率 %	減衰定数	
Case-1 鉛直方向 $\frac{1}{2}$ 橋軸ねじり	下弦材	1.275	0.04530	0.00708	1.220	0.03926	0.01254	0.062
	上弦材	1.275	0.07119		1.250	0.04077		
	平均		0.05825			0.05002		0.054
	下弦材	3.333	0.06806	0.00927	3.333	0.08263	0.00776	0.010
	上弦材	3.483	0.10542		3.367	0.11420		
	平均		0.07674			0.09842		0.088
	下弦材	3.390	0.06522	0.01221	3.333	0.14600	0.00566	0.014
	上弦材	3.448	0.07267		3.226	0.10528		
	平均		0.06895	0.01097		0.10994		0.089
	下弦材	2.587	0.08077		2.587	0.03572	0.01750	0.014
Case-4 鉛直方向 $\frac{1}{4}$ 橋軸ねじり	上弦材	2.587	0.02021		2.525	0.02667		
	下弦材	2.587	0.04891		2.587	0.01804		
	平均		0.04980			0.02667		0.038
	上弦材	2.525	0.07438	0.00793	2.525	0.01483	0.00424	0.006
	下弦材	2.525	0.03177		2.525	0.01905		
	平均		0.05308	0.00845		0.01694		0.035
	上弦材	2.587	0.02021		2.587	0.02667		
	下弦材	2.587	0.04891		2.587	0.01804		
	平均		0.04980			0.02667		0.038
	上弦材	2.525	0.07438	0.00793	2.525	0.01483	0.00424	0.006