

単支間の上路式補剛アーチ橋の模型実験

熊本大学 吉村虎蔵 佐世保重工 五反田 進

同 田中愛一郎 オス保山孝治 山内鉄雄 加来英雄

はじめに

上路式あるいは中路式補剛アーチ橋の載荷実験の多くは、実験値と理論値との差の甚しいことを報告している。⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ たわみ比は 15~50%、20~40%、20~30% などの測定例があり、またアーチ軸力は、軸力測定支点剛に大きく偏った影響線が測定されに例がある。これらの原因は、アーチクラウンの水平変位が、何等かの原因で拘束と受けからであらうとの仮定のもとに、文献⁽⁴⁾の⁽⁵⁾のような理論的研究を進めてきた。元来、上路式補剛アーチ橋の解析に用いられるモデルは、アーチクラウン上においても支柱があり、支柱の上下端はアーチおよび補剛桁にピン結されたモデルが用いられる。ゆえに、補剛桁は一端固定、他端可動のヒンジ支承であっても、アーチクラウンは自由に水平に変位できるモデルである。しかしながら、実際に設計されるアーチ橋はアーチクラウンと補剛桁はクラウンプレートなどで結合されて

表-1 縮尺記号

骨組寸法	l
桁断面2次モーメント	i
単位長重量	m
活荷重	p
アーチ断面積	a
桁断面係数	z
ヤング率	e

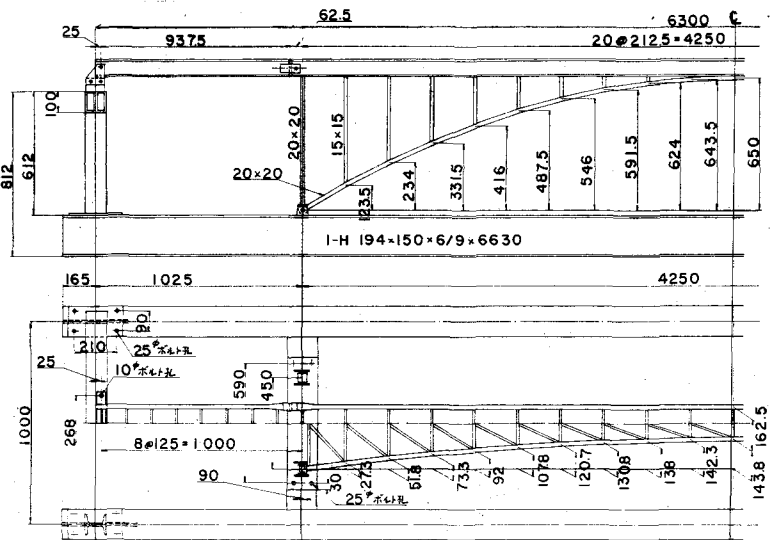
表-2 測定量縮尺

振動数	$\omega/\omega_0 = \frac{1}{l^2} \sqrt{\frac{ei}{m}}$
たわみ	$\delta/\delta_0 = pl^3/ei$
桁応力	$\sigma_u/\sigma_{u0} = pl/z$
アーチ応力	$\sigma_s/\sigma_{s0} = p/a$
アーチと桁の I の比	$1/30 \sim 1/50$

1. 模型の設計について

実橋の縮尺の記号を表-1 のように定めると、振動数、たわみ、補剛桁応力、アーチ応力における模型のそれと実橋のそれとの比は、表-2 のように与えられる。いまヤング率比、振動数比、荷重比、応力比を表-3 のように仮定し、測定するたわみが 10 mm 以上、4 次の固有振動数が 30 % 以上、測定しずみが 50×10^{-6} 以上になるように表-4 (a) 欄の実橋に対する模型を種々の縮尺で試算した結果、表-5 (b) の $l=1/40$ が適当な寸法として選ばれ

図-1



た。さらに、座屈等と考慮して設計された模型が図-1である。このようにこの模型は、静的と動的の実験ができるように設計されている。

2. 実験方法について

静的実験では、ひずみの測定には抵抗線ひずみゲージとを用い、たわみの測定にはダイヤルゲージを用い、1ヶ10 kgの荷重を30ヶかけて測定した。応力は補剛桁、アーチ、支柱のそれぞれに、その曲げモーメントと軸力が測定できるようにゲージと貼り、ダイヤルゲージは桁の1/4点、1/2点、3/4点の鉛直変位と桁端の水平変位と測定できるように設置した。振動試験では、約1 kg/cmのばね定数の片持ばり式の薄鋼板ばねの先端とピアノ線で桁に取り付け、板ばねの固定端に上下変位を与えて、模型を加振し、模型に取り付けられた加速度計によって変位と測定し、周波数応答曲線と描いて固有振動数、対数減衰率と求めた。加振のためには動電型振動子(IMV)とを用いた。

3. 実験結果と理論値

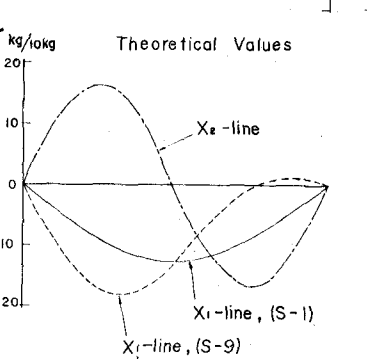
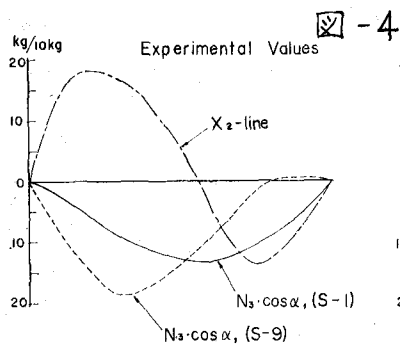
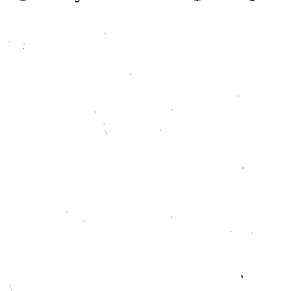
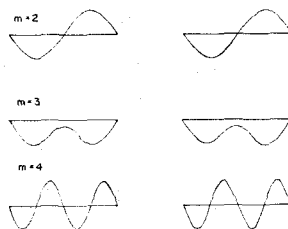
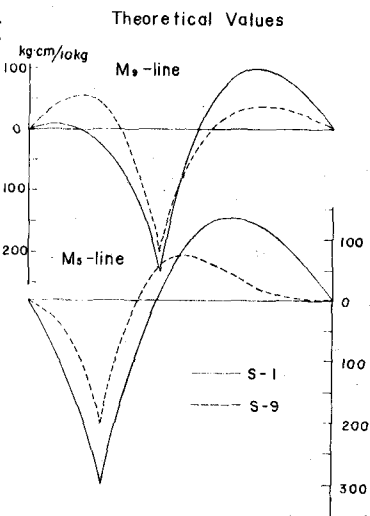
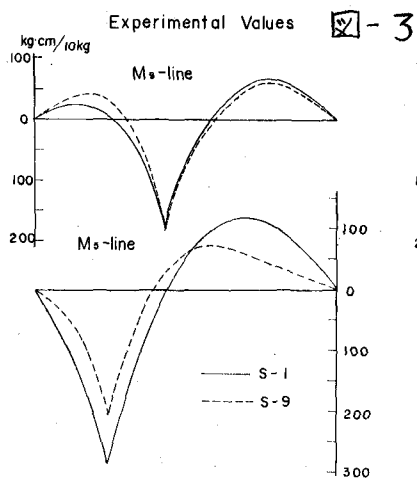
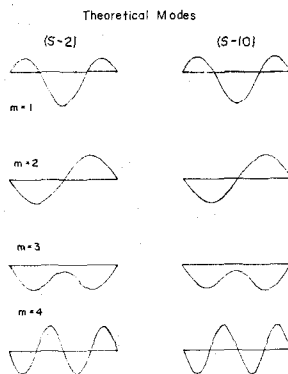
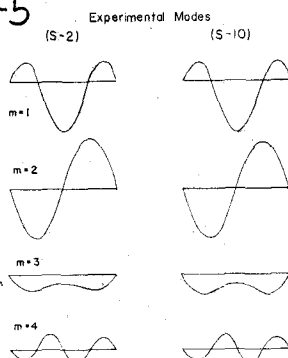
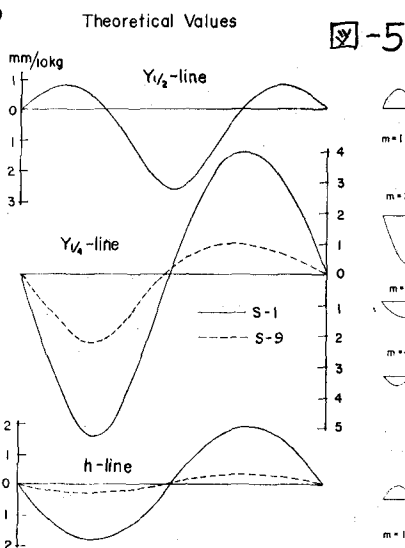
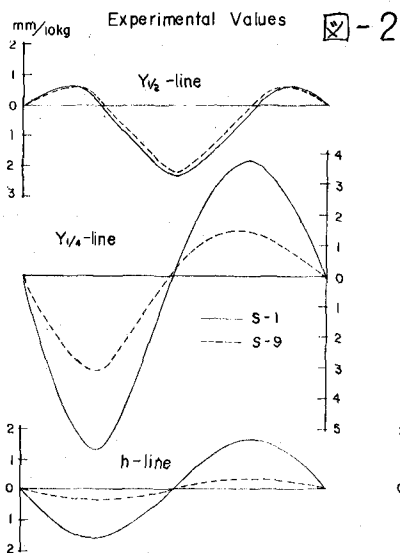
実験機別の記号を表-5に示す。多くの実験値のうち、1/4点のたわみの影響線($Y_{1/4}$ -line)、1/2点のたわみの影響線($Y_{1/2}$ -line)、補剛桁端の水平変位の影響線(R -line)、(クラウンの水平変位と見なしてよい)、桁の1/4点近くの曲げモーメントの影響線($M_{1/4}$ -line)、クラウン近くの桁の曲げモーメントの影響線($M_{1/2}$ -line)、アーチの水平反力影響線(X_1 -line)などの実験値とそれぞれの理論値(剛節構造として解析)とを、図-2, 3, 4に掲げる。図-4の実験値のうち、左よりオ3パネルのアーチの測定軸力の水平成分と $N_3 \cos \alpha$ と記し

表-3 仮定値		表-4 諸元	
(アクリライトと鋼)		(a) 実橋	(b) 模型 ($l=1/40$)
e	1/7	支間	170 m 4.25 m
ω/ω_0	10	支構間隔	6.5 0.162
p	1/1000	ライズ	26.0 0.65
σ/σ_0	1/5	単位長重量	10.0 t/m 20 kg/m
δ/δ_0	1/5	活荷重	30 t 30 kg
		桁のI	$10 \times 10^6 \text{ cm}^4$ 55 cm^4
		桁のΣ	$7 \times 10^4 \text{ cm}^3$ 9.05 cm^3
		アーチのA	$7 \times 10^2 \text{ cm}^2$ 3.5 cm^2

表-5 実験記号		
	静的実験	動的実験
単支間桁端部無拘束	S-1	S-2
単支間桁端部拘束	S-9	S-10

表-6 影響線の最大値の比較(10 kgあたり)						
	実 験			理 論		
	S-1	S-9	比	S-1	S-9	比
$Y_{1/2}$	2.28 ^{mm}	2.20	0.97	2.65 ^{mm}	2.65	1.00
$Y_{1/4}$	5.72	3.16	0.54	5.27	2.24	0.43
R	1.61	0.34	0.21	1.78	0.30	0.17
M_9	190 ^{kgcm}	195	1.03	234 ^{kgcm}	207	0.89
M_5	285	208	0.73	307	209	0.68
X_1	13.2 ^{kg}	18.6	1.41	12.8 ^{kg}	18.1	1.41
X_2	0	-18.0	—	0	-16.0	—

表-7 固有振動数						
	実 験			理 論		
	S-2	S-10	比	S-2	S-10	比
1次(SY-1)	10.3 ^{Hz}	10.2	0.99	8.57	8.59	1.01
2次(ASY-1)	4.70	6.85	1.46	4.44	7.81	1.76
3次(SY-2)	13.6	13.7	1.01	13.6	13.6	1.00
4次(ASY-2)	18.8	18.9	1.01	16.6	16.6	1.00



たが、この線は X_1 -line に対応するものである。また X_2 -line とあるのは、(S-9) における補剛桁端の水平拘束反力の影響線である。これらの影響線の最大振幅を表-6に示す。また振動試験によって得られた共振点における振動モードを描き、理論値と比べると図-5 のようである。固有振動数と表-7にかかげて比較した。

むすび

表-6、図-2よりわかるように、(S-9) では桁端の水平変位を拘束しているので、 X_1 -line が約 20% に減少しているが、このために鉛直たわみは、 Y_1 -line において (S-1) と (S-9) との差がいろいろしい。すなわち、実験値の $(S-9)/(S-1)$ 、理論値の $(S-9)/(S-1)$ はともに約 50% となっている。また M_5 -line については、(S-9) は (S-1) の約 70% に減少し、 $M_{5,max}$ と $M_{9,max}$ がほぼ等しい値となっている。

反力の影響線では、まず (S-1) の X_1 -line と (S-9) の X_1 -line とのいろいろしい差に注目すべきであろう。アーチクラウンの水平拘束のために (S-9) では、アーチ左支点反力是对称性が大きくずれ、左に偏る。この性状は文献(2)の二恵橋の測定影響線と類似していることは注目すべきであると思う。

固有振動数では、(S-2)、(S-10) と比べると、最低振動数が大きく異なる。すなわち、2次が最も低いが、この振動では $(S-10)/(S-2) \approx 150\%$ となっている。

[注]

(1) 福井・吉村 他；内大臣橋の載荷試験について、熊本工学部研究報告 1301

(2) 番・山本 他；二恵橋逆ランガー桁の応力測定、第7回日本道路会議論文集 S.38

(3) 星・児島 ；逆ランガー桁の架設たわみ応力測定について、

土木学会第20回年次講演会 S.40

(4) 吉村 他；水平変位の拘束による2ヒンジアーチの動的・静的挙動、

土木学会第22回年次講演会 S.42

(5) 吉村 他；上陸式補剛アーチ橋と水平に弾性拘束したときの結合法による

動的解析とその拘束効果、

土木学会第23回年次講演会 S.43