

九州大学工学部 学生員 ○大塚久徳

〃 正員 吉村虎蔵

〃 正員 安藤 司

1. まえがき 曲線並列I桁橋と曲線2室箱桁橋における、床板と主桁の相互作用および中間横桁の力学の影響を把握するため、実験と理論解析をおこなった。実験は、表2に示す種目について、静的載荷実験と自由振動実験を実施し、それぞれの結果を曲線直交異方性板理論を利用した差分法と比較した。

2. 解 法 曲線直交異方性板理論によれば、板のたわみ w を求めるための微分方程式は、次式で与えられる。 $\frac{\partial^4 w}{\partial r^4} + \frac{2 + \nu_b - \nu_r}{r} \frac{\partial^3 w}{\partial r^3} + \frac{2k + \nu_r^2 - \nu_b}{r^2} \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} - \frac{2k}{r^3} \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{2(k + \nu_r^2)}{r^4} \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} + \frac{p^2}{r^3} \frac{\partial w}{\partial r} - \frac{p^2}{r^4} \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{p^2}{r^4} \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} = \frac{p}{Dr} \dots (1)$

ここに、 $p^2 = D_\theta / Dr$, $k = \nu_b + D_r / Dr$, D_θ : 接線方向板剛度(横断面の曲げ剛度/全幅), D_r : 板のわじり剛度(横断面のわじり剛度/全幅), Dr : 半径方向板剛度(主桁の上フランジを加味した床板と横桁の曲げ剛度/有効長), ν_r, ν_θ : それぞれ r, θ 方向のポアソン比(計算では両者とも零とした)。

式(1)を差分表示し、境界条件(2円弧辺自由, 2直線辺単純支持)を考慮して、各格点で差分式を立てれば、連立方程式が得られ、それを解いてたわみを得る。また、式(1)において、 $p = -m \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$ (m は単位面積当りの質量)とおけば、自由振動の方程式となるので、その式に $w = \phi \cos \omega t$ を代入して、 ϕ について差分表示すれば、固有方程式が得られ、それを解いて固有振動数、固有モードを得る。

3. 実験概要 図1に示すような中心角 60° 、4本の曲線I桁を持つ曲線橋の模型をアクリル樹脂で製作し、さらに実験種目に応じて5mm厚の横桁、3mm厚の底板および3mm厚のダイヤフラムをそれぞれ所要の位置に取り付けた。支承は橋軸方向曲げに対し自由、ねじれに対して固定となるように、上下よりナイフエッジではさみ、それを支える枠が横断面の中立軸まわりに回転できるようにした。(写真1) 荷重は鉄製の梁に重りを掛け、その一端が $2 \times 1 \text{ cm}$ の接触面積をもつ床板上に載るように配置し、荷重点の番号は、スパン中央線上の8等分点の外側から $C_1, C_2 \dots C_9$ とした。

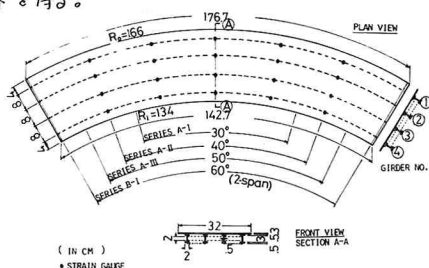


FIG.1 STRUCTURAL DETAILS OF CURVED GIRDER BRIDGES AND SUPPORT LOCATIONS

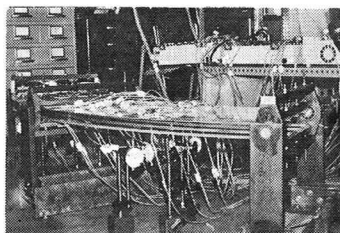


写真 1

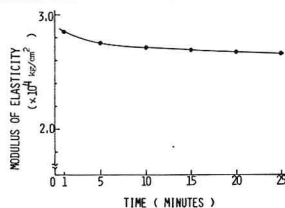


FIG.2 MODULUS OF ELASTICITY-TIME CURVE FOR COUPON NO.1

4. 材料試験 模型製作に使用した3mm厚と5mm厚の板より試験片を数枚ずつ切り出し、片持ばりの静的曲げと自由振動試験より、静的および動的弾性係数を求めた。(表1) なお静的曲げ試験の際、荷重載荷後5分間程度は歪の増加が顕著であり、従って本実験では、載荷後15分経た弾性係数を採用し、たわみ、歪の測定はこの時間を中心にしておこなった。図2は弾性係数と時間の関係を示す曲線である。

表1	弾性係数 試験値 (kg/cm ²)		備 考
	静的	2.71×10^4	平均室温 28°C
		2.78×10^4	平均室温 15°C
	動的	4.40×10^4	2枚の試験片の固有振動数16.5Hz と9.7Hzの平均値室温15°C

5. 実験結果とその考察 本研究でおこなった実験種目は、表2に示すとおり。

である。以下にその代表的な結果を示す。 1) 静的載荷実験

A-III 中心角 50° の単純曲線4主桁橋の中間横桁本数を0, 1および5本と変化させて、載荷をおこない、横桁本数がたわみおよび歪に及ぼす影響を調べた。図3, 4は2桁上に載荷したときのスパン中央におけるたわみと接線方向歪を示したものである。たわみは横桁本数の増加に伴い、単調に減少しており、横桁5本ではほぼ断面形状は不変といえる。桁下面の歪は横桁がない場合とある場合とで桁の内側と外側の大小関係が逆転している。これは横桁が断面の変形を拘束しようとして、横桁取付位置で局部的に上下フランジに力を及ぼすためである。板理論による計算結果と実験値と比較すれば、横桁がある場合にはたわみで10%程度、載荷桁の橋軸方向歪で20%程度計算値が実験値を上回っており、横桁がない場合にはこの誤差が若干増加する。(図5, 6)したがって直交異方性板理論は、4主桁曲線橋の場合にも、横桁本数にかかわらず十分実用的であるといえよう。

C-I 中心角 46.7° の2室桁橋(中間隔壁6枚)の箱桁間の横桁がない場合と6本の場合について、たわみ・歪を測定し横桁の影響をみた。この実験では、並列I桁橋のときほどその影響は顕著ではない。図7は、ウェブ1およびウェブ4に載荷したときのたわみを示したものであり、横桁本数の相違による差はわずかであることがわかる。図8は、横桁がない場合のウェブ1に載荷したときの接線方向歪の分布を示したものである。

2) 自由振動実験 模型床板に加速度計を設置し、自由振動をさせてその固有振動数およびモードを測定した。表3に各橋梁についてその固有振動数を示す。これから横桁の影響によって、一次振動数が3~14%増加していることがわかる。実験Eでは、2次にわがり振動が観察された。なおこの実験値と板理論による計算結果との比較は、講義当日おこなう予定である。

<参考文献>(1)大塚, 吉村; 差方法による周辺弾性支持曲線直交異方性扇形平板の解析, 九大工集, 第47巻, 4号, 昭和49年9月,

(2)Heins, C.P. and R.L.Halls, Behavior of Stiffened Curved Plate Model, Proc. of ASCE, ST11, Vol.95, Nov. 1969.

表2 実験種目一覧表

実験種目	構造形式	中心角	横桁数
静的載荷実験	A I	30°	0, 3
	A II	40°	0, 1, 3
	A III	50°	0, 1, 5
自由振動実験	B I	30° × 2	0, 3
	C I	46.7°	0, 6
	D I	45°	0, 5
自由振動実験	E I	60°	0, 3, 7
	F I	46.7°	0, 6
	F II	60°	0, 8

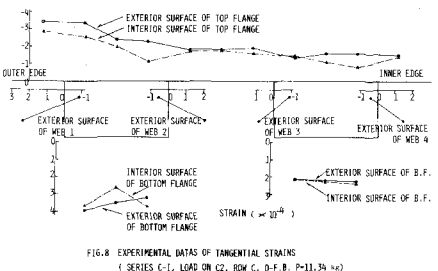
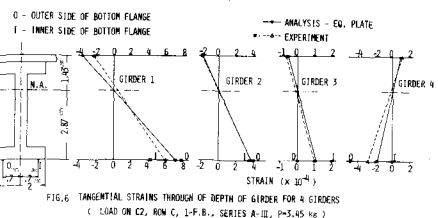
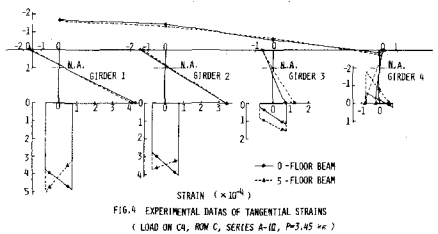
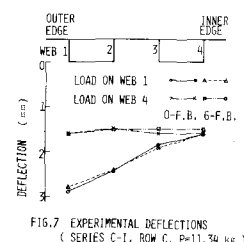
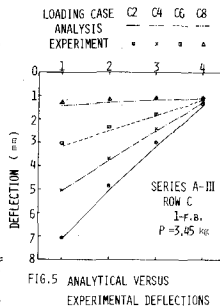
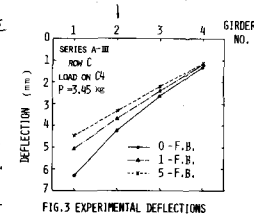


表3 固有振動数(実験値)

実験種目	横桁数	1次	2次	3次
E-I	0	16.2	50.0	75.8
	5	16.6	52.7	83.3
E-II	0	7.85	37.4	47.9
	3	8.30	40.0	49.8
F-I	0	8.61	45.3	52.3
	6	34.2	—	—
F-II	0	38.9	—	—
	8	15.8	—	—