

九州大学工学部 学生員 ○大塚久哲  
 〃 正員 吉村虎蔵  
 〃 学生員 平田 勝啓

1. まえがき

曲線橋の解析法の一つとして、橋梁横断面の変形と床板の荷重分配作用を考慮できる曲線直交異方性板理論が従来より提唱されている。この板理論によって曲線橋あるいはリブ付曲鋼床板を解析した既往の研究は数多く見受けられ、竹下<sup>(3)</sup>、米沢<sup>(4)</sup>、茅村<sup>(5)</sup>等の論文はその先駆的なものである。実際の桁橋に板理論を適用するには、合理的な等価剛度の算定が重要な問題となるが、この点に関しての研究には、米沢<sup>(2)</sup>、C.F.Heins<sup>(6)</sup>等の論文がある。しかしながら、そこで取り扱われている桁橋は一方向にのみ補剛桁を有するものに限定されているようである。

周知のように曲線橋は曲げとねじりが連成するため横桁・横構・対傾構などを配置して荷重分配を促進させ、かつ曲線橋全体のねじり剛度を増大させるよう設計することが通常行なわれている。したがって等価剛度を決定するにはこれらの部材を考慮する必要がある。このような観点から本研究では、並列I桁・並列箱桁と多室箱桁曲線橋を対象に、特に横桁とダイヤフラムの影響を考慮した等価剛度算定方式の妥当性の検討と、この種構造物の力学的特性の把握を目的として、模型実験と数値計算を行ったので、その結果を報告する。

2. 実験概要

Fig.1に示すような中心角 $6L^\circ$ 、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、実験種目に応じて5mm厚の横桁、3mm厚の底板・ダイヤフラムをそれぞれ所要の位置に取り付けて実験を行なった。表1は実験種目一覧表である。表中( )内の数字は等間隔に配置した箱桁内のダイヤフラム枚数を示す。

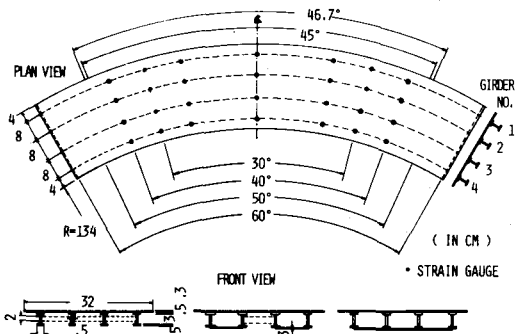


Fig.1

3. 解法

理論解析には、ここでは差分法と有限帯板法の二つを採用した。

A) 差分法 (F.D.M.) 曲線直交異方性板理論による板の基礎微分方程式<sup>(3)</sup>を、境界条件(2円弧四自由、2直線辺単純支持)を考慮して差分式に変換し、各節点でたてたこれらの差分式より形成される連立方程式を解いてたわみを求める。節点での断面力は差分表示した断面力の式にたわみを代入して求める。

B) 有限帯板法 (F.S.M.) 橋軸方向に長辺をもつ扇形帯要素に対し、同じく板理論に基づいて剛性マトリックスを作成し解析する<sup>(7)</sup>。いわゆる半解析解で変位関数は、橋軸方向に級数展開し、橋軸直角方向に3次の多項式近似を行なう。

F.D.M.では、橋梁全体の $D_r \cdot D_\theta \cdot D_t$ (それぞれ半径方向板剛度・接線方向板剛度・板のねじり剛度)を求め、すべての節点にそれらを適用し、F.S.M.では $D_r$ の変化する線上に帯板要素の節線を置いて剛度の変化が考慮できるようにする (Fig.2参照)。

表1 実験種目一覧表

実験種目	橋梁形式	中心角	桁数
静的載荷実験	単純4主桁	30°	0,3
		40°	0,1,3
		50°	0,1,5
B	連続4主桁	30°×2	0,3×2
C	単純2箱桁	46.7°	0,6 (6)
D	単純3室箱桁	46.7°	(6)
自由振動実験	単純4主桁	45°	0,5
		60°	0,8 (8)
		46.7°	(6)
単純3室箱桁	46.7°		(6)
	60°	(8)	

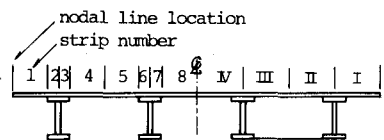
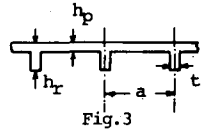


Fig.2

4. 等価剛度の算定 主桁・横桁・ダイヤフラム等で補剛された板構造は、一般にFig.3のようにモデル化できる。いま高さ $h_p$ の断面(床板のみ)の剛度を $I_p$ 、高さ $h_r$ の断面(補剛材を含む)の剛度を $I_r$ とすると、この部材全体の等価剛度 $I_m$ の算定式として次に示す二通りの式が考えられよう。

$$\frac{a}{I_m} = \frac{a-t}{I_p} + \frac{t}{I_r} \quad \dots (1), \quad I_m = \frac{a-t}{a} I_p + \frac{t}{a} I_r \quad \dots (2)$$



そこで以下にこれらの式を使った等価剛度算定法の概略を記す。

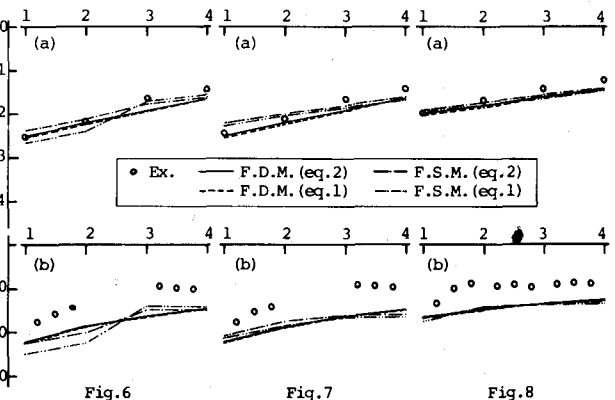
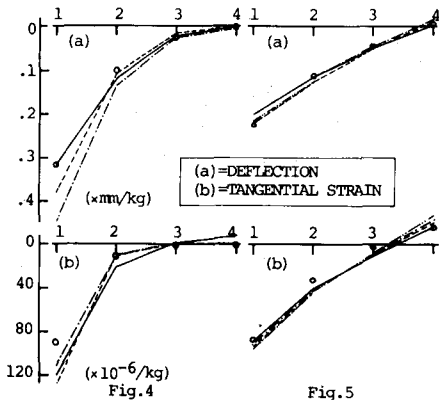
$D_0$ : 橋梁横断面の中立軸に関する単位幅当りの曲げ剛度を横桁・中間ダイヤフラムのない断面とある断面に対しそれぞれ求め、それらを式(1)または式(2)を使って平均し全体としての $D_0$ を決定する。

$D_r$ : 床板と上フランジ・横桁・ダイヤフラムよりなる変断面板の単位幅当り曲げ剛度を、横桁あるいはダイヤフラムの間隔を有効幅として求め、それらを式(1)または式(2)を使って平均し $D_r$ を求める。

$D_t$ : F.S.M.で床板のみからなる帯板要素に対しては、板のねじり剛度 $Gh^3/6$ より求める。複合断面では、 $G \times \frac{1}{2} \Sigma xy^3 / \lambda$ 、閉断面では、 $G(4F^2/f^2) / \lambda$ 、ダイヤフラムのある断面では矩形断面として $G(\alpha xy^3) / \lambda$ より求める( $\lambda$ =有効幅)。そしてそれらの値を式(1)または式(2)を使って平均し $D_t$ を決定する。

5. 実験結果と理論値の比較 外桁GLのスパン中央点に荷重を載荷したときの、載荷断面でのたわみと接線方向ひずみと主な実験種目に対して図示すればFig.4~Fig.8を得る。(但しFig.4の一点鎖線はF.S.M.による値で、この場合は上式(1)(2)は使う必要がない。)

- (1) 4主桁曲線橋 (実験B) : Fig.4: 横桁なし Fig.5: 1スパン4等分点に横桁配置
- (2) 2箱桁曲線橋 (実験C) : Fig.6: 横桁なし Fig.7: ダイヤフラム取付位置に横桁配置
- (3) 3室箱桁曲線橋 (実験D) : Fig.8: スパン7等分点にダイヤフラム配置 (Fig.6・7も同様)



6. 考察 本研究で行なった模型実験と数値計算より得られた結果をまとめると、次のことが言える。

- (1) 異なる剛度を平均化する式(1)と式(2)のいずれによっても計算結果にはさほど大きな差はないが、一般に式(2)によるほうが剛度を大きく評価でき実験値とも近いようである。
- (2) 横桁をもたない4主桁橋・2箱桁橋のように、半径方向剛度の変化が大きい場合は、F.S.M.で行なったように、それらの剛度の変化を厳密に考慮したほうが実験値とよくあうようである。

参考文献 (1) Girkmann, K.: *Flächentragwerke*, Wien, 1956, 3305-3206. (2) 米沢博: 桁橋構造の剛性に関する一研究, 土木学会論文集, 54号, 昭和33年2月. (3) 竹下淳: 極異方性板理論による曲線橋の解法について, 土木技術, 16巻3号, 昭和36年3月. (4) Yonezawa, H.: Moments and Free Vibrations in Curved Girder Bridges, Proc. ASCE, Vol.88, No. EML, Feb. 1962. (5) 芳村仁: 曲線直交異方性扇形平板の曲げについて, 土木学会論文集, 82号, 昭和37年6月. (6) Hems, C.P. and R.L. Hails: Behavior of Stiffened Curved Plate Model, Proc. ASCE, Vol.75, No. ST11, Nov. 1969. (7) Cheung, Y.K.: The Analysis of Cylindrical Orthotropic Curved Bridge Decks, Publication IABSE, Vol.29, Part 2, 1969. (8) 大塚・吉村・安藤: 曲線橋の差分法による解析と実験, 西部建設研究報告 昭50.2