

プレートガーダー橋の橋桁の面外振動解析

長崎大学工学部 学生員 ○ 筑紫宏之
長崎大学大学院 学生員 呉 明強
長崎大学大学院 学生員 中澤聡志
長崎大学工学部 正 員 高橋和雄

1. まえがき

プレートガーダー橋の腹板の振動や動的安定を解析する場合に、上下フランジと対傾構（垂直補剛材）で囲まれた一枚の長方形板にモデル化することが一般的である。長方形板の境界条件は、上下フランジの位置で固定もしくは単純支持と仮定されている。プレートガーダーのフランジの変形の影響を考慮した研究はきわめて少ない。そこで、本研究は、有限帯板法を用いて、プレートガーダー断面の面外振動を解析する。数値解析において、3種類のプレートガーダー橋の固有振動解析を行い、振動特性および1枚の長方形板にモデル化する方法の妥当性を検討する。

2. 解析方法

本研究では、図—1(a)に示すような上下非対称な溶接プレートガーダー断面の橋桁を解析する。プレートガーダーの両端の境界条件は単純支持とする。プレートガーダーの腹板の局部変形を含めた振動を取り扱うために、本研究では有限帯板法を適用する。橋桁の境界条件が単純支持の場合、帯板要素の長さ方向の変位は *Fourier* 級数を用いて近似することができる。ある帯板要素内の任意点 x', y', z' 方向の変位成分は次式で表される。

$$\begin{Bmatrix} u \\ v \\ w \end{Bmatrix} = \sum_{m=1}^r \begin{bmatrix} \langle N_p \rangle \sin k_m x & 0 & 0 \\ 0 & \langle N_p \rangle \cos k_m x & 0 \\ 0 & 0 & \langle N_b \rangle \sin k_m x \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{U_m\} \\ \{V_m\} \\ \{W_m\} \end{Bmatrix} \quad (1)$$

ここに、 r : *Fourier* 級数の採用項数、 $km = m\pi/l$ 、 m : x 方向の半波数、 $\langle N_p \rangle, \langle N_b \rangle$: 形状関数。

式(1)を用いて運動エネルギーとひずみエネル

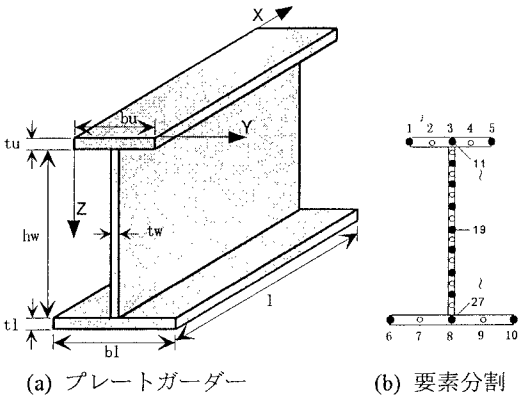
ギーを求めて、*Hamilton* の原理を用いると、帯板要素に対する運動方程式が得られる。本研究では高次帯板要素(HO3 モデル)を用い、図—1(b)に示すような要素分割を用いる(図中の黒点が境界節線、白点が中間補助節線を示す)。局所座標系に関する各マトリクスを全体座標系に関する量に変換し、すべての帯板要素について重ね合わせることににより、プレートガーダー断面を持つ橋桁の運動方程式が得られる。運動方程式は *Fourier* 級数の直交性の性質により、各 m 項ごとに独立した方程式に分離される。

$$[M_m] \left\{ \ddot{d}_m(t) \right\} + [K_m] \{d_m(t)\} = \{0\} \quad (2)$$

ここに、 $[M_m]$: 質量マトリクス、 $[K_m]$: 剛性マトリクス、 $\{d_m(t)\}$: 変位ベクトル、 $\{\ddot{d}_m(t)\}$: 加速度ベクトル

3. 解析モデル

数値計算の対象とする解析モデルとして、表—1に示す3例を考える。case1 および case2 はフランジの大きさの異なる建設省標準設計の活荷重合成プレートガーダー橋(道路橋)である。プレートガーダーの長さ是对傾構間隔にしている。case3 は下路式のプレートガーダー橋(鉄道橋)である。長さは垂直補剛材間隔を採用している。材料定数はヤング率 $E = 206GPa$ 、ポアソン比 $\nu = 0.3$ 、単位質量 $\rho = 0.784 \times 10^4 kg/m^3$ とする。



図—1 一般図と要素分割数

表—1 解析モデルの諸元

	スパン(m)	l (cm)	hw (cm)	tw (cm)	bu (cm)	tu (cm)	bl (cm)	tl (cm)
case1	26	450	145	0.9	25	1.4	41	2.2
case2	26	450	145	0.9	31	1.9	47	3.4
case3	25.4	145	167	1.2	46	7.3	51	5.7

4. 解析結果

式(2)を行列の固有値問題に変換して、数値解析を行えば、固有振動数および固有振動形が得られる。比較対照のため、プレートガーダーの腹板を一枚の長方形板と見なした解析を行う。フランジ位置の境界条件を単純支持(周辺単純支持)と固定(2辺単純支持・2辺固定)に設定した。

1) 道路橋プレートガーダー 図-2は、半波数 m が1~5の場合について、case1のプレートガーダー、周辺単純支持板および2辺単純支持・2辺固定板の固有振動数をプロットしている。半波数 m が1~3の場合には、プレートガーダーの固有振動数と長方形板の固有振動数の間は差があるが、 $m=4, 5$ の場合には、プレートガーダー橋の固有振動数は周辺単純支持板の固有振動数に近づく。表-2に case1 の1次から10次までの固有振動数と、これに対応する case2, 周辺単純支持, 2辺単純支持・2辺固定板の固有振動数を示す、表中の記号 a,b は図-3に示す固有振動形の区別に対応する。Type a はフランジの変形が卓越する固有振動形である。Type b は腹板の変形が卓越し、フランジには回転が生ずる固有振動形である。表-2のように Type a については、プレートガーダーの固有振動数は、長方形板の固有振動数と大きく異なる。これに対して、Type b については、プレートガーダーの固有振動数は、周辺単純支持板の固有振動数にほぼ一致する。

2) 鉄道橋プレートガーダー 表-3に鉄道橋用プレートガーダーの固有振動数を示す。鉄道橋の場合、フランジ断面が大きいのでフランジの回転に対する剛性が道路橋よりも大きい。このため、プレートガーダーの固有振動数は周辺単純支持と2辺単純支持・2辺固定板の固有振動数の中間となる。

4. まとめ

有限帯板法を用いたプレートガーダーの固有振動解析によって腹板の固有振動数に及ぼすフランジの影響が明らかにされた。フランジ断面の大きさの影響や固有振動形については講演時に発表する。

参考文献

- 1) 高橋和雄・田口賢・池田虎彦・松川徹：土木学会論文報告集，第341号，pp.179-186,1984.
- 2) 黄曉競・深澤泰晴・岡村美好：構造工学論文集，Vol.43A, pp289-298,1997.

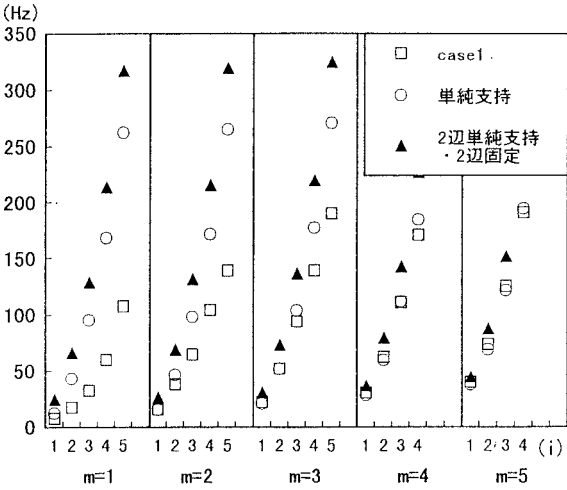


図-2 固有振動数の比較

表-2 case1 および2の固有振動数

モード	case1	case2	単純支持	2辺単純支持・2辺固定
(1,1)	6.841 a	8.301 a	11.500	24.228
(2,1)	15.080 b	15.946 b	14.745	26.236
(1,2)	16.743 a	18.226 a	42.755	65.915
(3,1)	21.837 b	22.581 b	20.154	30.047
(4,1)	29.897 b	30.574 b	27.726	36.044
(1,3)	31.950 a	33.136 a	94.848	128.519
(2,2)	37.619 a	41.886 a	46.001	68.388
(5,1)	39.768 b	40.362 b	37.461	44.430
(3,2)	51.547 b	53.769 b	51.409	72.641
(6,1)	51.640 b	52.149 b	49.360	55.247

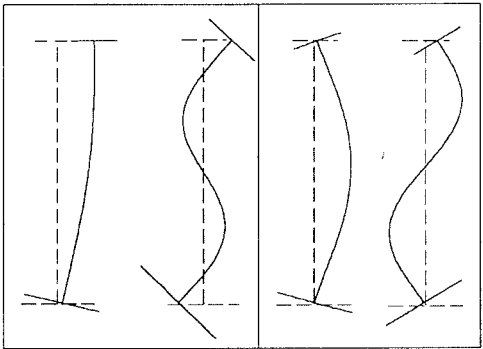


図-3 固有振動形
Type a (フランジの変形卓越) Type b (腹板の変形卓越)

表-3 case3の固有振動数

モード	case3	単純支持	2辺単純支持・2辺固定	計測値
(1,1)	27.077 b	24.239	33.113	35.1
(1,2)	58.342 b	55.284	75.552	63.4
(2,1)	68.791 b	65.913	70.784	
(1,3)	102.474 a	107.024	138.241	
(2,2)	104.950 b	96.957	112.017	