

## I - B 479

## プレートガーダーの腹板の振動及び座屈解析

住友建設（株） 正 員 ○ 筑紫宏之  
正 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 フェロー 高橋和雄

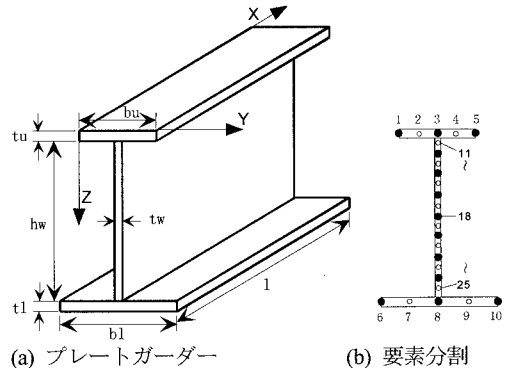
## 1. まえがき

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<sup>1)</sup>。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<sup>2)</sup>。

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



図—1 一般図と要素分割数

いて重ね合わせることで、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。

$$[M_m] \{\ddot{d}_m(t)\} + [K_m] \{d_m(t)\} = \{0\} \quad (1)$$

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

## 3. 解析モデル

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が異なる建設省標準設計活荷重合成プレートガーダー（道路橋）であり、

長さは対傾構間隔にしている。case3 は下路式プレートガーダー（鉄道橋）で、長さは垂直補剛材間隔である。材料定数はヤング率  $E = 206 \text{ GPa}$ 、ポアソン比  $\nu = 0.3$ 、単位質量  $\rho = 0.784 \times 10^4 \text{ kg/m}^3$  とする。

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     |

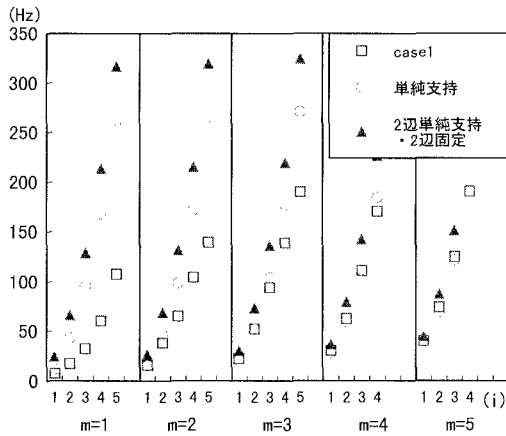
## 4. 解析結果

4.1 振動解析 式(1)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

キーワード：プレートガーダー、振動、座屈、有限帯板法、局部振動。

〒852-8521 長崎市文教町1-14 長崎大学工学部社会開発工学科 TEL 095-848-9639 FAX 095-848-9639



図—2 固有振動数の比較

トガーダーの固有振動数と長方形板の固有振動数の間には差があるが、 $m = 4, 5$  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。

## 4.2 座屈解析 表—4に面内曲げモーメントを受ける case1,2 および case3 の座屈固有値を示す。また、各ケースの座屈モードを図—4に示す。

表—4から case1 と case2 の座屈固有値を比較すると、フランジ断面の大きい case2 の方が高い。図—4から case1 及び case2 の座屈モードは上フランジの変位が最大となる横倒れ座屈である。プレートガーダーの座屈モードは、図心軸より上フランジ側に働く圧縮応力により、プレートガーダー全体の曲げねじれ変形、あるいは腹板の局部変形によって座屈する。case3 の座屈モードは下フランジの断面が小さい下フランジ側で座屈している。

## 5. 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

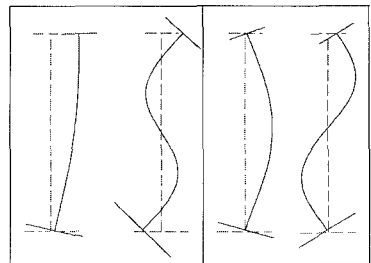
- 1) 高橋和雄・田口賢・池田虎彦・松川徹：土木学会論文報告集，第 341 号, pp.179-186, 1984.
- 2) 黄曉競・深澤泰晴・岡村美好：構造工学論文集，Vol.43A, pp.289-298, 1997.

表—2 case1 および 2 の固有振動数 (Hz)

| 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      |

表—3 case3 の固有振動数 (Hz)

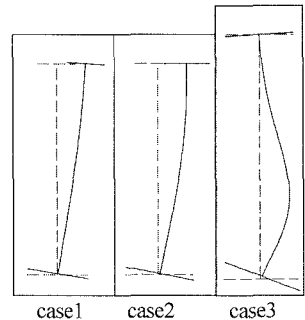
| モード   | case3     | 単純支持    | 2辺単純支持・2辺固定 |
|-------|-----------|---------|-------------|
| (1,1) | 27.077 b  | 24.239  | 33.113      |
| (1,2) | 58.342 b  | 55.284  | 75.552      |
| (2,1) | 68.791 b  | 65.913  | 70.784      |
| (1,3) | 102.474 a | 107.024 | 138.241     |
| (2,2) | 104.950 b | 96.957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



図—3 固有振動形

表—4 座屈固有値 ( $\sigma_{cr} / E$ ) ( $\times 10^{-3}$ )

| case1  | case2  | case3  |
|--------|--------|--------|
| 0.3086 | 0.4709 | 1.0871 |



図—4 座屈モード