

## 断面変形に着目したプレートガーダーの曲げ耐荷力解析

広島大学工学部 正員 大村 裕, 藤井 堅  
 広島大学大学院 学生員 正岡 祐一, 〇上甲 宏

## 1. まえがき

本報告では、プレートガーダーの曲げ耐荷力に関するフランジ鉛直座屈<sup>1)</sup>による崩壊メカニズムを明らかにするために、腹板の支持力をできるだけ正確に表現することを試みた。フランジ鉛直座屈が発生するのはすでに指摘されているように腹板の曲げ座屈<sup>2)</sup>が生じて後、腹板面外たわみが大きくなるために十分な腹板の支持力が得られなくなるためと考えられる。

本研究では腹板のフランジを支える支持力をこの腹板の面外たわみと関連させたばねを用いて評価し、ばね支持された圧縮フランジの座屈問題におきかえてプレートガーダーの曲げ耐荷力を決定している。

## 2. 曲げ耐荷力解析

本解析モデル(図-1)では、腹板のフランジを支える力をばねでおきかえている点、そして、このばね定数を腹板の面外たわみを用いて評価する所に大きな特徴がある。

プレートガーダー腹板の挙動解析には、フランジと鉛直補剛材で囲まれた腹板パネルを取り出して有限要素解析を行った。腹板パネルの境界条件は、フランジ接合辺で固定支持、鉛直補剛材接合辺で単純支持とした。また、各荷重に対する面外たわみ $w$ を用いて、腹板の支持力と等価な単位幅当たりのばね定数 $k$ は次式によって求めた。

$$k = \frac{E t_w^3}{12 h} \cdot \frac{1}{\int_0^l u^2 dx} \quad (1)$$

次に、フランジは、フランジ・鉛直補剛材接合辺を単純支持、他の2辺を自由端とし、フランジ・ウェブ接合辺で上記のばねで支持されている板として、圧縮を受ける座屈問題として取り扱う。本解析では残留応力を考慮した有限帯板解析を行った。

プレートガーダーの曲げ耐荷力は図-2を用いて説明される。この図では、フランジ・ウェブ接合辺上の応力あるいは腹板の圧縮側の縁応力であり、また $u$ は腹板の面外たわみを示す。曲線CDEFは、腹板の面外たわみ $u$ に対応するばねで支持されたフランジの座屈解析結果である。ここで、 $\overline{CD}$ の範囲では腹板の面外たわみが小さく十分な支持力が期待されるので、全塑性座屈あるいはねじれ座屈によって崩壊する。 $\overline{DE}$ の範囲では弾性支持されたフランジの弾塑性座屈(フランジ鉛直座屈)によって崩壊する。また $\overline{EF}$ の範囲では弾性座屈によって崩壊する。一方、曲線 $A_0B_0$ は腹板面外たわみ $u$ と腹板の圧縮側の縁応力の関係を示したものであり、初期たわみのある場合は曲線 $APB$ となる。そして、これら2つの曲線CDEF、 $A_0B_0$ の交点 $P_0$ に対応する $\sigma_y$ が桁の曲げ崩壊時のフランジ・ウェブ接合辺の応力と考えることが出来る。したがって、曲げ耐荷モーメント $M_u$ は近似的に次式によって与えられる。

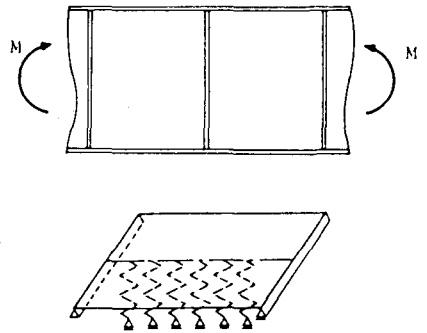


図-1 耐荷力解析モデル

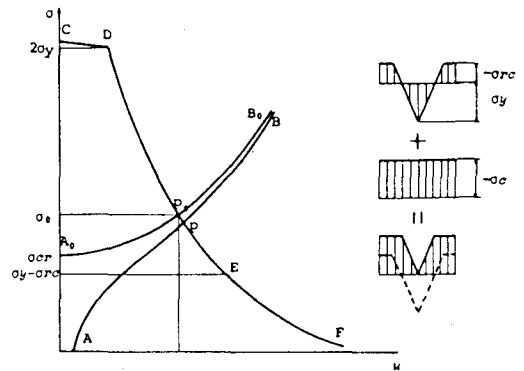


図-2 耐荷力決定のための概念図

$$M_u = M_w + P_u h \quad (2)$$

ここで、 $P_u$ 、 $M_w$  は、それぞれ両曲線の交点の応力 $\sigma_0$ に対応するフランジ軸力、腹板モーメントである。

### 3. 数値計算結果と考察

本研究では、過去に実験された耐荷力結果と本解析結果を比較検討することにした。残留応力や初期たわみは、耐荷力に大きく影響すると考えられるので、実験の測定値をできるだけ正確に表現した。本解析に用いた桁の幾何学的変数と断面諸量を図-3、

表-1に示す。解析を行った桁は3

体で、このうちウェブ幅厚比は、

B-25-A、B-25-0は250で、道路橋示方書ではほぼ限界とされる幅

厚比であり、M-1は170で幅厚

比が小さくなっている。アスペクト比はそれぞれ0.75、1.50、1.01である。

ばね定数は式-1からわかるように、たわみが大きいとばね定数は小さく、逆にたわみが小さいとばね定数は大きくなる。すなわち、鉛直補剛材近傍では、鉛直補剛材によってたわみが拘束されるからばね定数は $\infty$ となる。

解析桁のうちB-25-Aについて、単位幅当たりのばね定数分布を各荷重に対して表せば図-3を得る。図-3から荷重増加に伴いばね定数は低下して偏平になることがわかる。

図-2、式-2より得られた耐荷力をはり理論から導かれる降伏モーメント $M_y (=A_y \sigma_y h (1 + \frac{A_w}{6A_y}))$ で無次元化して表せば表-2を得る。また表には、実験値、長谷川、

Basler理論とあわせて示している。表-2からわかるように、本解析値は実験値をよく評価していると判断される。また、M-1はフランジのねじれ座屈により崩壊している。長谷川あるいはBasler理論と直接比較することはできない。

B-25-AとB-25-0とはウェブアスペクト比が異なっているが、他のパラメータはほぼ同じ値である。アスペクト比0.75のB-25-Aに対し、それぞれろつの理論値は実験値をよく評価している。これに対して、アスペクト比1.50のB-25-0に対しては、長谷川、Basler理論は、実験値との差は11.4%である。一方、本解析値と実験値との差は4.4%となっており、本解析における耐荷モデルは、曲げ耐荷力をかなり正確に評価していると考えられる。ところで、長谷川、Baslerの解析モデルは、鉛直座屈の耐荷力を評価するものであり、ねじれ座屈の耐荷力を評価することができないが、本解析はねじれ座屈も考慮することができる。ねじれ座屈を起こしているM-1に対しても、本解析値は実験値とよく近似しており、実験値との差は3.8%である。

(参考文献)

- 1) Basler, K. and B. Thürliman: Strength of plate girders in bending, Proc. of ASCE, Vol. 87, No. ST6, pp. 153~181, Aug. 1961
- 2) 長谷川彰夫、堀口隆良、西野文雄: アルトゲラーの耐荷力に対する考察(上)、橋梁と基礎, Vol. 11, No. 4, pp. 25~32, Apr. 1977.
- 3) 長谷川彰夫、和田耕造、西野文雄: プラートの剛性に注目したアルトゲラーの曲げ耐荷力実験、土木学会論文報告集, 第365号, 1981年1月.
- 4) 長谷川、西野、奥村: 水平補剛材を有するアルトゲラーの曲げ耐荷力実験、土木学会論文報告集, 第234号, pp. 33~44 (昭50)

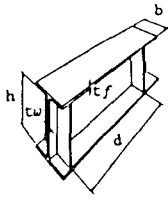


図-3 桁の幾何学的変数

表-1 桁の断面諸量

| Test Girder              | B-25-A        | B-25-0       | M-1          |
|--------------------------|---------------|--------------|--------------|
| Flg. $b \times t_f$ (cm) | 28.8 × 1.209  | 22.6 × 0.900 | 20.0 × 0.700 |
| Web $h \times t_w$ (cm)  | 112.0 × 0.444 | 79.6 × 0.310 | 79.3 × 0.450 |
| d (cm)                   | 84.0          | 119.3        | 80.0         |
| $b/t_f$                  | 23.8          | 25.1         | 28.6         |
| $h/t_w$                  | 252           | 257          | 176          |
| $d/h$                    | 0.75          | 1.50         | 1.01         |

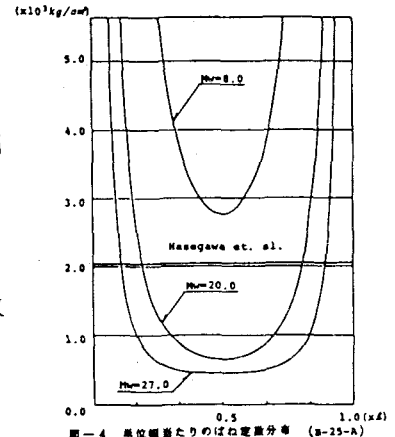


図-4 単位幅当たりのばね定数分布 (B-25-A)

表-2 理論値・実験値の耐荷力一覧表

| Girder               | $b/t_f$ | $d/h$ | $h/t_w$ | $A_w/A_{ef}$ | $M_y^u/M_y$ | 理論値 ( $M_y^u/M_y$ ) |       |        |       |
|----------------------|---------|-------|---------|--------------|-------------|---------------------|-------|--------|-------|
|                      |         |       |         |              |             | 本解析値                | 長谷川   | Basler | ねじれ座屈 |
| M-1                  | 14.29   | 1.01  | 176     | 2.55         | 0.761       | 0.790               |       |        | 0.812 |
| B-25-A <sup>3)</sup> | 11.91   | 0.75  | 252     | 1.43         | 0.92        | 0.916               | 0.916 | 0.912  |       |
| B-25-0 <sup>4)</sup> | 12.56   | 1.50  | 257     | 1.21         | 0.834       | 0.871               | 0.924 | 0.934  |       |