

大阪市立大学 工学部 正員 中井 博
 大阪市立大学 工学部 正員 北田 俊行
 川崎重工業(株) 技研 正員 大南 亮一
 三井建設(株) 正員 O.高橋 達郎

1. まえがき

本研究では、曲げ、せん断、および曲げとせん断の組合せを受ける合計引体の曲線桁模型による一連の実験的研究成果を総論し、まず曲線桁の腹板の座屈強度および桁の終局強度に関するそれぞれの特性を明らかにし、これらの特性が実験式によって評価できるようにした。つぎに、曲線桁橋の設計法を検討する際に、実橋における複雑な荷重状態にも対応できるように、前述の強度特性を考慮した曲げとせん断との相関曲線を腹板の座屈、および桁の終局強度とについて求めた。

2. 腹板の座屈強度に関する相関曲線

ここでは、引体の曲線桁模型のうち水平補剛材のない18体の供試体の腹板パネルを対象とした。腹板の座屈荷重は、面外にわみと荷重、あるいは、ひずみと荷重の関係が急変する点より求めた。

(1) 座屈強度の実験式 純曲げ載荷実験により得られた腹板の座屈曲げモーメント M_{cr} をフランジ辺固定・単周補剛材辺単純支持の平板の座屈計算値 M_{cr}^0 により無次元化した値は、腹板の曲率パラメータ $\xi = \alpha/Rt_w \sqrt{1-\mu^2}$ とフランジの横倒れに関するパラメータ α^2/Rb_f とに關係することが実験結果より明らかになった。ここに、 R は曲率半径、 α は単周補剛材間隔、 t_w は腹板厚、 b_f はフランジ幅を示す。これらの結果を参考にして、 M_{cr}/M_{cr}^0 と $\alpha^2/Rb_f t_w$ との関係を調べれば、図1に示すように実験値がほぼ一本の曲線で表わせることができた。この曲線を最小自乗法により処理すると、次式のように表わすことができる。

$$M_{cr}/M_{cr}^0 = 35.32 / (\alpha^2/Rb_f t_w + 27.52) \text{ ----- (1)}$$

一方、曲率を有する腹板の座屈せん断力 V_{cr} は、曲率の影響をほとんど受けないため、周辺単純支持の平板に関する座屈の計算値 V_{cr}^0 と比較的よく一致することが実験結果より明らかになった。

(2) 座屈の相関曲線 実験により得られた腹板の座屈荷重を、 $V_{cr}/V_{cr}^0 - M_{cr}/M_{cr}^0$ 相関曲線にプロットしたものを図2に示す。同図から、実験値は、ほぼ次式の相関曲線で表わせることがわかる。

$$(M_{cr}/M_{cr}^0)^2 + (V_{cr}/V_{cr}^0)^2 = 1 \text{ ----- (2)}$$

3. 曲線桁の終局強度に関する相関曲線

(1) 終局強度の実験式 図3は、フランジのそり応力と横倒れ座屈の安定性から得られる抵抗曲げモーメント M_a で無次元化した終局曲げモーメント M_u/M_a を縦軸に、 L^2/Rb_f を横軸にとり、本実験結果のほか曲線工桁の横倒れ座屈に関する中井・事口¹⁾の実験結果をプロットしたものである。ここに、 L は供試体長さを表わす。同図から、各供試体の諸元が異なるにもかかわらず、 M_u/M_a の値はほぼ

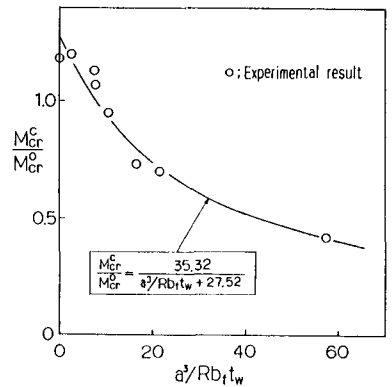


図1. M_{cr}/M_{cr}^0 のパラメータ $\alpha^2/Rb_f t_w$ による変動

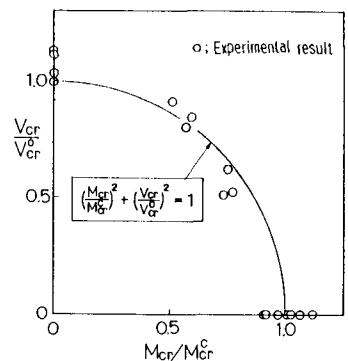


図2. 腹板の座屈に関する相関曲線 $V_{cr}/V_{cr}^0 - M_{cr}/M_{cr}^0$

直線上にのることがわかる。終局曲げモーメントに関する実験式を、最小自乗法により整理すると、次式が得られた。

$$M_u/M_a = 1.92 + 0.36 L^2/R_b \quad \text{----- (3)}$$

つぎに、本研究で得られたせん断耐力実験結果、および Culverら²⁾が得た終局せん断力の実験値 V_u^* について考察する。図4は、縦軸に V_u^*/V_p 、横軸に $\sqrt{V_p/V_{cr}}$ をとり、上記の実験結果をプロットしたものである。同図から、水平補剛材を有する桁では水平補剛材のない桁より終局強度が大きくなること、また水平補剛材のない桁の V_u^*/V_p 値はほぼ一本の曲線を示わされることわかる。以上の結果から、終局せん断力に関する実験式を最小自乗法によって求めると、次式で表わすことができる。

$$\left. \begin{aligned} V_u/V_p &= 0.55\sqrt{V_p/V_{cr}} + 0.34, & (\text{水平補剛材なし}) \\ &= 0.27\sqrt{V_p/V_{cr}} + 0.68, & (\text{水平補剛材あり}) \end{aligned} \right\} \text{---(4) }_{a,b}$$

(2) 終局強度の相関曲線

一連の実験から得られた引体の曲線桁模型による耐力実験結果を、 $V_u^*/V_p - M_u^*/M_p^c$ の相関図上にプロットしたものを図5に示す。ここに、 M_p^c はフランジのそり応力を考慮した全塑性曲げモーメントである。同図から、腹板のアスペクト比 $a/h_w = 1.0$ の桁では、 $a/h_w = 0.5$ の桁に比べ終局強度が著しく低下することがわかる。これはアスペクト比が小さくなるほど腹板のせん断座屈強度の低下ばかりではなく、曲率の影響による曲げ座屈強度も低下をきたすためであると考えられる。

つぎに、式(3)、(4)で表わされる終局曲げモーメント M_u と終局せん断力 V_u とにより無次元化した $V_u^*/V_u - M_u^*/M_u$ 相関図上で実験結果を整理すると、図6のようになる。同図から、図5の結果と比較して、すべての実験データのバラッキを小さく表現することができた。また、同図から、曲線桁の終局強度に関する曲げとせん断の相関曲線は、最小自乗法により整理すると、次式で表わすことができる。

$$\left. \begin{aligned} V_u^*/V_u &= 1.0 & (M_u^*/M_u \leq 0.69) \\ V_u^*/V_u &= 1.44 - 0.62 M_u^*/M_u, & (0.69 < M_u^*/M_u \leq 1.0) \\ M_u^*/M_u &= 1.0 & (V_u^*/V_u \leq 0.81) \end{aligned} \right\} \text{---(5) }_{a,b,c}$$

この相関曲線による終局強度の推定値と実験値との誤差は、危険側で5%、安全側で15%以内であり、比較的精度のよい結果を与えることがわかった。

<参考文献> 1) 中井博・朝日寿男：曲線工桁橋の横倒れ座屈強度と設計法に関する研究，*工学論文報告集*，No. 339，1983-11。

2) Mozer, J., J. Cook and C. Culver: Stability of Curved Plate Girders, *Cornell-Mellon Univ.* No. P3, Jan. 1973.

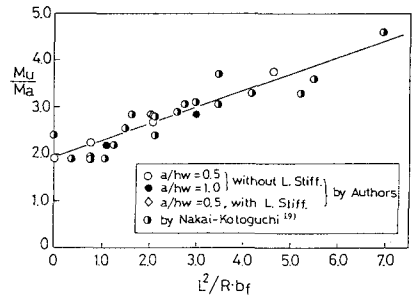


図3. M_u/M_a とパラメータ L^2/R_b の関係 (曲線耐力実験)

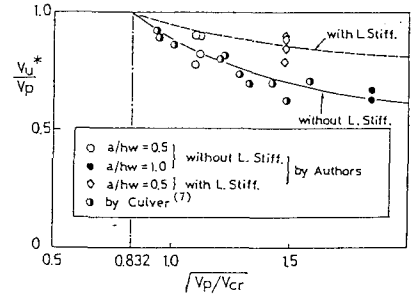


図4. V_u^*/V_p と $\sqrt{V_p/V_{cr}}$ との関係 (せん断耐力実験)

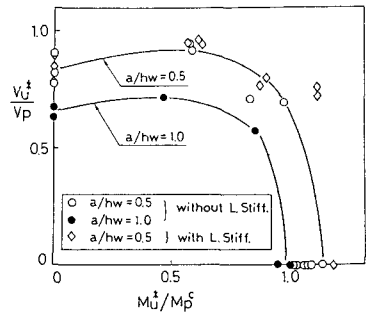


図5. 相関関係 $V_u^*/V_p - M_u^*/M_p^c$

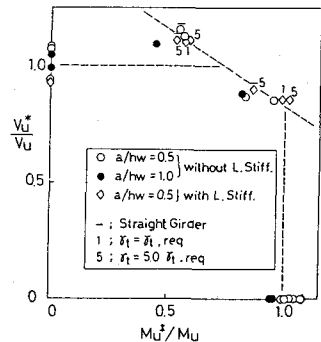


図6. 相関関係 $V_u^*/V_u - M_u^*/M_u$