

I-19

曲がりばりの横倒れ弾性座屈に関する実験的研究

東北大学大学院 学生員 ○後藤 文彦
 東北大学工学部 正 員 倉西 茂
 東北大学工学部 正 員 岩熊 哲夫

1. はじめに

これまで、薄肉開断面曲がりばりの横倒れ弾性座屈に関する数多くの理論的研究がなされてきている（表-1）。この中で、直線ばり近似の有限要素解は一般に正解を与えないものと考えられてきた。これに対し Maalla¹⁾は、直線ばり近似の有限要素解を導く際に、外力仕事の非線形項を無視すると Yoo²⁾や Hasegawa et al.³⁾と同じ解が得られ、外力仕事の非線形項を無視せず、各節点における曲げモーメントを quasitangential に考慮すると Murray および Rajasekaran⁴⁾と同じ解が得られ、さらに各節点における曲げモーメントを semitangential に考慮すると Vlasov⁵⁾と同じ解が得られるという結論を得た。そこで片持曲がりばりモデルに対して実験を行い、実験による横倒れ座屈荷重を示すとともに、Maallaの直線ばり近似の有限要素解による計算値と比較検討した。

2. 実験方法および横倒れ座屈荷重の算定方法

実験モデルは弾性域内で座屈を起こすこと、横倒れ座屈を起こす前に面内座屈を起こさないことなどを考慮して図-1のようなI型断面を持つ片持曲がりばりとした。供試体材料は表-2の材料定数を持つアクリル材を使用した。載荷は片持ばり先端に重錘をつるして行った。座屈荷重を決定するために載荷点の側方変位をトランシットにより測定した。実験ケースは曲率一定で、中心角 $\theta = 30^\circ, 35^\circ, 40^\circ, 45^\circ$ の4ケースとした。載荷荷重 P を縦軸に、載荷点の側方変位 δ を横軸にとると図-2(a)のような関係が得られた。この荷重-変位関係から座屈荷重を決定するに当たっては Southwell⁶⁾の方法を用いた。これは δ/P を縦軸に、 δ を横軸にとると直線分布が得られ（図-2(b)）、その傾きの逆数として座屈荷重を得る方法である。

表-1 等曲げを受ける円形アーチの

横倒れ座屈モーメント荷重 (KN・m)

研究者	中心角 (°)				
	0.05	10.0	30.0	50.0	90.0
Vlasov	346.8	590.2	1257.1	1996.3	3519.2
Yoo	345.8	345.9	339.3	323.8	266.1
Hasegawa	345.8	345.9	339.4	324.8	261.1
Maalla	346.8	589.8	1257.3	1998.1	3520.5

($E=208\text{GN/m}^2$; $G=77.2\text{GN/m}^2$; $I_y=11360\text{cm}^4$; $I_w=5.559 \times 10^5\text{cm}^6$; $J=58.9\text{cm}^4$; アーチ長=10.24m)

表-2 供試体諸元

ヤング率	E (MPa)	0.324
せん断弾性係数	G (MPa)	0.120
断面積	A (mm ²)	54.4
弱軸回り断面二次モーメント	I_y (mm ⁴)	2.25×10^2
強軸回り断面二次モーメント	I_z (mm ⁴)	8.98×10^3
そりねじり定数	I_w (mm ⁶)	6.04×10^4
St.Venantのねじり定数	J (mm ⁴)	18.3

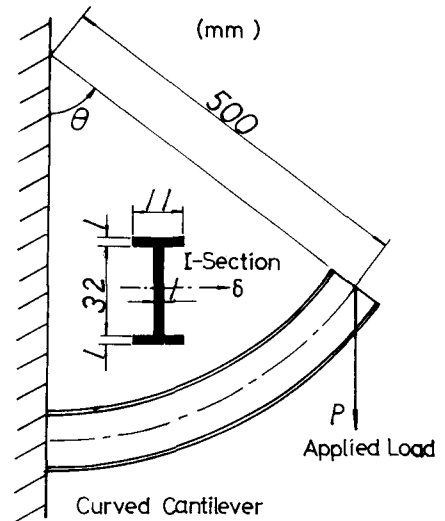


図-1 実験供試体

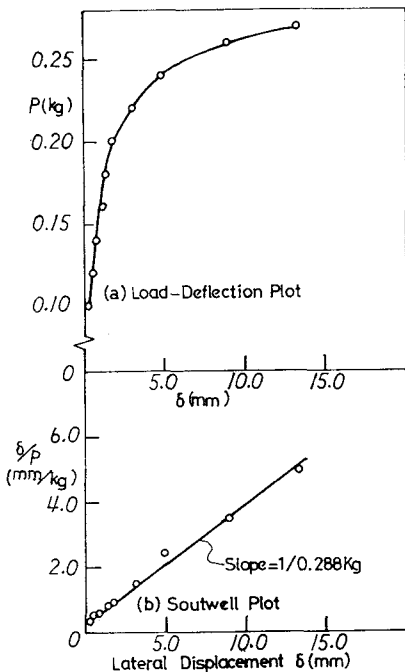


図-2 荷重-変位曲線 ($\theta = 45^\circ$)

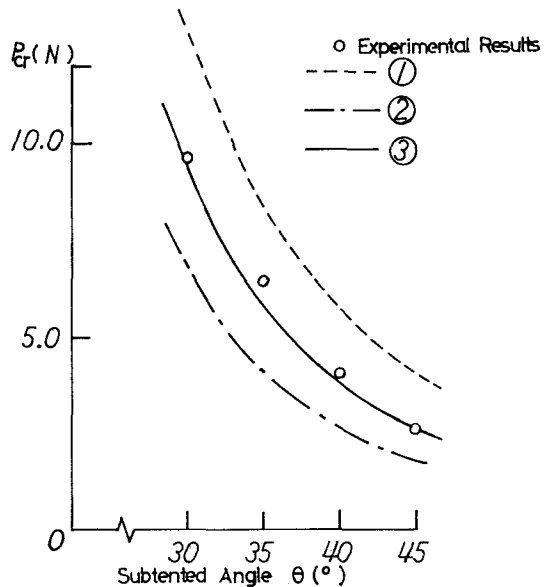


図-3 実験結果および FEM 解との比較

3. 結果および考察

実験結果および有限要素解による試算結果は、図-3 のようになった。ここで曲線①は外力仕事の非線形項を無視した Yoo および Hasegawa et al. の理論に相当する FEM 解で、曲線②は外力仕事の非線形項を無視せず、各節点における曲げモーメントを quasitangential に考慮した Murray および Rajasekaran の理論に相当する FEM 解である。曲線③は外力仕事の非線形項を無視せず、各節点における曲げモーメントを semitangential に考慮した Maalla の理論による FEM 解である。①の計算値は実験値より大きく、②の計算値は実験値より小さく示された。③の計算値は実験値と比較的よく一致した。このことにより直線ばり近似の有限要素解は、外力仕事の非線形項を無視せず、また特に、各節点における曲げモーメントを semitangential に考慮して剛性方程式を修正することにより、曲がりばりの横倒れ弾性座屈荷重の算定にも十分適用できると考えられる。

4. 参考文献

- 1) Maalla, K.B.M.: Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of Doctor of Engrg, Tohoku University, Mar., 1989.
- 2) Yoo, C.H.: Proc. ASCE, Vol.108, No.EM6, pp.1351~1369, Dec., 1982.
- 3) Hasegawa, A., Liyanage, K., Ikeda, T. and Nishino, F.: Proc. of Struct. Engrg/Earthquake Engrg, JSCE, Vol.2, No.1, pp.81~89, 1985.
- 4) Murray, D.W. and Rajasekaran, S.: Proc. ASCE, Jour. Eng. Mech. Division, Vol.101, EM5, pp.561~573, Oct., 1975.
- 5) Vlasov, V.Z.: Program for Scientific Translations, Jerusalem, 1961.
- 6) Southwell, R.V.: Proceedings, Royal Society, Vol.135, pp.601, 1932.