

曲線Iげた橋の曲げ圧縮応力度について

大阪市立大学工学部 正員 中井 博
 “ “ “ “ 事口 寿男
 阪神高速道路公団 “ “ 吉川 実
 日立造船株式会社 “ “ 今井 功

1. まえがき

昭和48年2月に道路橋設計示方書の改訂にともなうて、鋼橋の座屈規定に關して大幅な改訂が行されたが、曲線部材を有する構造物に対してはアーチ橋の座屈照査が規定されていられだけである。一方、水平面内に曲率を有する曲線桁橋の座屈に關する規定はほとんどなく、曲線Iげた橋の曲げ圧縮応力度に対しては直線桁橋の横たおれ座屈強度を基本にして準用されていのが現状である。

本文は、曲率半径、スパン、フランジ幅が種々異なる総数23体の曲線Iげた模型による横たおれ座屈崩壊に關する実験を行ない、この横たおれ座屈強度から曲線Iげたの曲げ圧縮応力度に關して種々考察するものである。

2. 曲線Iげにの横たおれ座屈に關する基礎式

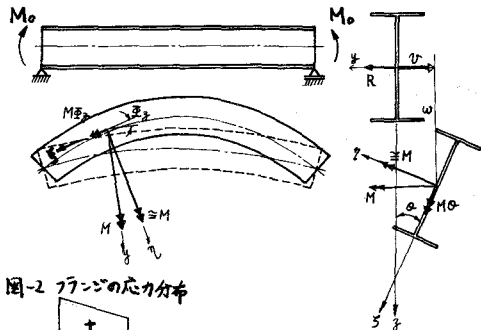
1) 横たおれ座屈方程式

曲線Iげにの弾性横たおれ座屈を直線Iげと同様にフリの合い分歧の問題として方程式を求めると次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} EI_y \left(\frac{d^4 w}{ds^4} - \frac{1}{R} \frac{d^2 \beta}{ds^2} \right) + \frac{EI_y}{R^2} \left(\frac{d^2 w}{ds^2} - \frac{1}{R} \beta \right) &= 0 \\ EI_y \left(\frac{d^4 v}{ds^4} + \frac{1}{R^2} \frac{d^2 v}{ds^2} \right) + M'' \left(\beta + \frac{1}{R} w \right) + 2M' \left(\frac{d\beta}{ds} + \frac{1}{R} \frac{dw}{ds} \right) + M \left(\frac{d^2 \beta}{ds^2} + \frac{1}{R} \frac{d^2 w}{ds^2} \right) &= 0 \\ EI_w \left(\frac{d^4 \beta}{ds^4} + \frac{1}{R} \frac{d^2 w}{ds^2} \right) - GK \left(\frac{d^2 \beta}{ds^2} + \frac{1}{R} \frac{d^2 w}{ds^2} \right) - \frac{EI_y}{R} \left(\frac{d^2 w}{ds^2} - \frac{1}{R} \beta \right) + M \left(\frac{d^2 v}{ds^2} + \frac{v}{R^2} \right) &= 0 \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

この方程式の工学的な意味を、図-1に示す。

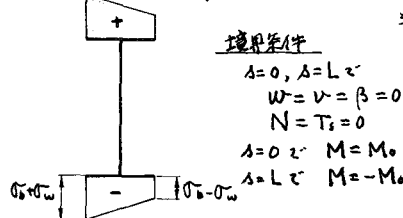
図-1 横たおれ座屈に關する物理的意味



2) 弾性座屈に關する係数

曲線Iげた橋の場合、桁の両端に等曲げモーメント M_0 を作用しても曲げモーメント M 以外に曲げねじりモーメント M_w が生じ、曲線Iげたの断面の応力分布は図-2のようになる。したがって、弾性座屈における曲げ圧縮応力度を算定する際は、曲げと曲げねじりモーメントが共存するときの相關曲線を求め、作用曲げモーメントを補正した値を基本にした方が妥当であると考えられる。

図-2 フランジの応力分布



すなわち、相關曲線は次式で与えられる。

$$M/M_y = 1 - M_w/M_{wy} \dots (2)$$

ここに、Mは作用曲げモーメント、M_wは作用曲げわじりモーメントであり、本実験の境界条件で以下式のように得られる。

$$M = \frac{\cos(\frac{\pi}{2} - \phi)}{\cos \frac{\pi}{2}} M_y, M_w = \frac{R}{1+\alpha^2} \left[-\frac{\alpha'}{\sin \alpha \phi} \{ \alpha' \sin \alpha \phi - \sin \alpha \phi + \alpha (\cos \alpha \phi - \cosh \alpha \phi) \frac{\cos \alpha \phi - 1}{\sin \alpha \phi} \} \cosh \alpha \phi - \frac{\cos \alpha \phi - 1}{\sin \alpha \phi} (\sin \phi + \alpha \sin \alpha \phi) + \cos \phi - \cosh \alpha \phi \right] M_0 \dots (3)$$

M_y; 曲げモーメントのみが作用する場合の降伏曲げモーメント

M_{wy}; 曲げわじりモーメントのみが作用する場合の降伏曲げわじりモーメント

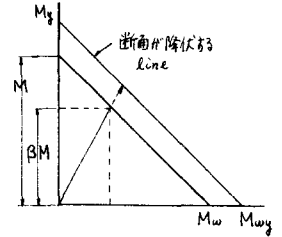
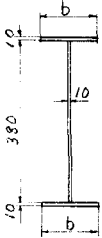


図-3 低減係数β

低減係数βの取り方を図-3に示す。表-1 実験桁の横たおれ座層モーメントM_{cr}

ここに、
 重; 中心角
 φ; 角座標
 $\alpha' = R \sqrt{\frac{GK}{EI_w}}$



項目	G-1	G-2	G-3	G-4	G-5	G-6	G-7	G-8	G-9	G-10	G-11	G-12
L (m)	2.5			2.5			2.5			2.5		
R (m)	5	15	30	5	15	30	5	15	30	5	15	30
φ (rad)	0.5	0.17	0.08	0.5	0.17	0.08	0.5	0.17	0.08	0.5	0.17	0.08
b (mm)	60			80			100			120		
α	2.4			1.7			1.3			1.05		
M _{cr} (t·m)	4.6	6.7	8.2	5.4	8.8	11.2	6.3	11.6	13.9	7.8	14.2	18.0
M _{cr} /M _y	0.34	0.52	0.64	0.33	0.55	0.71	0.34	0.67	0.81	0.38	0.73	0.93

項目	G-13	G-14	G-15	G-16	G-17	G-18	G-19	G-20	G-21	G-22	G-23
L (m)	2.5		2.3			1.8			0.9		
R (m)	15	30	4.6	13.8	27.6	3.6	10.8	21.6	1.8	5.4	10.8
φ (rad)	0.17	0.08	0.5	0.17	0.08	0.5	0.17	0.08	0.5	0.17	0.08
b (mm)	140		180			200			200		
α	0.86		0.63			0.44			0.22		
M _{cr}	18.1	19.7	13.3	20.7	20.4	16.5	26.7	28.0	20.6	27.7	30.8
M _{cr} /M _y	0.84	0.92	0.50	0.77	0.78	0.56	0.92	0.98	0.71	0.96	1.05

3. 曲線Iけたの曲げ圧縮応力度について

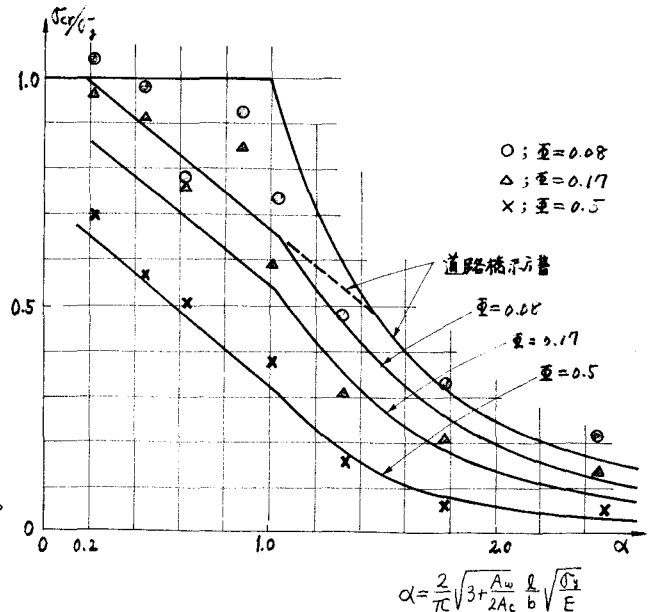
表-1は曲線Iけたの横たおれ座層崩壊実験に所得した座層モーメントM_{cr}を一括して示したものである。ただし(表中、M_yはウェッジ)の点における降伏モーメントを示す。図-4は表-1の実験値を縦軸にσ_{cr}/σ_y、横軸にαをとってプロットしたものであるが、2.2述べたように、弾性座層に対してはM_{cr}に低減係数を乗じて求められている。また、図中実線は(2.12)で求めた中心角の変化に応じた理論曲線である。非弾性座層に対する理論曲線は実験結果を重視し、直線Iけたの提案曲線を準用し、これに平行に結んだものである。

これらの実験結果と提案曲線を比較すると、若干バラツキがあるが一致する傾向にあることがわかる。

参考文献 (1)中井, 朝: 曲線Iけた橋の横倒れ座層崩壊に関する実験的研究 土木学会年次大会, S-49, I-123

(2)朝島田, 塩見: 曲線Iけたの横たおれ座層実験, 土木学会臨時支部, S-51, I-58

図-4 提案する曲線Iけた橋の横たおれ座層曲線



$$\alpha = \frac{2}{\pi} \sqrt{3 + \frac{A_w}{2A_c}} \frac{l}{b} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}}$$