

I-33

圧縮と曲げを受ける鋼変断面部材の面内強度の近似算定法

関西大学工学部 正会員 三上 市藏 総合技術研究所(株) 正会員 ○太田 晴高
 (株)東洋情報システム 正会員 三浦 泰夫 建設省近畿地建 平井 義博

1. まえがき 鋼構造に変断面部材が用いられることが多く、変断面部材の強度を的確に、かつ容易に算定できる設計公式が望まれる。現在、変断面部材の設計は等断面部材の強度式に基づいて行われている。例えば¹⁾道路橋示方書ではあらゆる断面において、その断面をもつ等断面梁一柱の圧縮・曲げ強度を照査する。鋼鉄道橋設計基準解説では、部材の中央断面と等しい等断面梁一柱の強度を算定する。日本建築学会²⁾では、圧縮については小断面、曲げについては大断面の等断面部材を考え、付加曲げを無視して圧縮・曲げ相関式を用いる。AISCでは、圧縮については小断面、曲げについては大断面の等断面部材として強度を評価する。

著者は、鋼変断面部材の面内曲げ・圧縮強度が Dynamic Relaxation Method (D.R.M.) を用いて効率よく正確に解析できることを示し^{3), 4)}、設計公式の基礎的資料を得るための研究^{5), 6)}を行ってきた。ここでは、鋼変断面部材が圧縮荷重が主となるラーメンの柱に用いられる場合を考え、等断面部材の圧縮強度曲線を基準とし、これを細長比、テーパーの度合い、曲げ荷重の割合に応じて低減させる方法を検討する。

2. 解析モデル 部材は、図-1(a), (b) 示すように2軸対称I型変断面で、腹板にテーパーが付き、断面二次モーメントは大断面側で I_{max} 、小断面側 I_{min} である。この部材は両端で単純支持され、両端に軸方向圧縮力 P 、大断面端にモーメント $M_{(L)}$ が作用している。また、初期たわみは部材中央でたわみ量 $f = L/1000$ の正弦一半波の分布を仮定する。残留応力は任意の断面において図-1(c) のような分布を持つものとする。ただし、降伏応力は $\sigma_Y = 2400 \text{ kgf/cm}^2$ とした。

テーパーの度合いの異なる3つのモデルを取り上げた。寸法は表-1に示すように、大断面の寸法を一定とし、小断面端の腹板高のみを変化させてテーパー度 (I_{min}/I_{max}) を変化させた。曲げ荷重の大きさは $\beta = M_{(L)}/PL$ で表すことにし、 $\beta = 0 \sim 0.01$ の範囲を解析対象とした。また、細長比 λ として次の無次元量を用い、 $0.2 \sim 1.0$ の範囲で解析した。

$$\lambda = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_Y}{E}} \frac{L}{r_{(L)}} \quad (1)$$

3. 等断面柱 大断面に対する等断面部材の圧縮強度 $P_{u0(L)}$ * は次の式⁷⁾ から計算できる。

$$\lambda \leq \lambda_0 : \frac{P_{u0(L)}^*}{P_{Y(L)}} = 1.0 \quad (2a)$$

$$\lambda > \lambda_0 : \frac{P_{u0(L)}^*}{P_{Y(L)}} = \frac{1}{2\lambda^2} [1 + \alpha(\lambda - \lambda_0) + \lambda^2 - \sqrt{\{1 + \alpha(\lambda - \lambda_0) + \lambda^2\}^2 - 4\lambda^2}] \quad (2b)$$

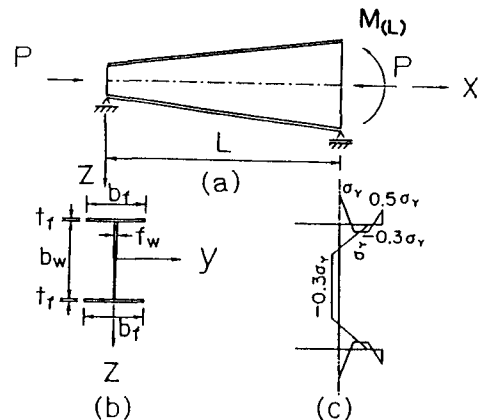


図-1

表-1

MODEL No.	flg. (cm)		web (cm)			I_{min} I_{max}
	b_f	t_f	b_{wmin}	b_{wmax}	t_w	
MODEL 1	10.0	1.00	25.00	25.00	0.8	1.00
MODEL 2	10.0	1.00	18.06	25.00	0.8	0.50
MODEL 3	10.0	1.00	10.00	25.00	0.8	0.15

ここに、 $P_{Y(L)}$ は大断面の降伏軸荷重、下付添え字の 0 は等断面部材、L は大断面、上付添え字 * は純圧縮 ($\beta = 0$) を示す。また、解析モデルに対応する値 $\alpha = 0.282$ 、 $\lambda_0 = 0.20$ を採用する。

4. 数値計算結果 任意の λ に対して、 β と終局強度 $P_{u0(L)}$ の関係を $I_{min}/I_{max} = 1$ の場合について調べると図-2 の破線のようになる。縦軸は $P_{u0(L)}$ と純圧縮強度 $P_{u0(L)}^*$ との比であり、曲げの載荷による強度の低減率を表している。この比率を次の近似式で表現すと図中の実線のようになる。

$$\frac{P_{u0(L)}}{P_{u0(L)}^*} = \left(\frac{0.650}{\lambda^{0.2}} \right) 100\beta \quad (3)$$

次に、任意の λ に対して、テーパ度と終局強度 P_u の関係を $\beta = 0$ の場合について調べると図-3 の破線のようになる。縦軸は P_u と、大断面に対する等断面部材の圧縮強度 $P_{u0(L)}$ との比であり、テーパによる強度低減率を表している。これに対して次の近似式を考えると、図中の実線のようになる。

$$\frac{P_u}{P_{u0(L)}} = \left(\frac{I_{min}}{I_{max}} \right) 0.16(\lambda^2 + 1) \quad (4)$$

式(2) に 0.9 を乗じ曲げの低減率、式(3) を乗ずると、大断面の等断面部材の圧縮・曲げ強度が得られ、これに式(4) を乗ずると、変断面部材の圧縮・曲げ強度が算定できる。

この方法で求めた $P_u / P_{Y(L)} - \lambda$ 曲線を D.R.M. 解のものと比較すると図-4 ($\beta = 0$)、図-5 ($\beta = 0.01$) のようになる。

5. あとがき 軸圧縮と少しの曲げを受ける変断面部材について強度算定法を提案したが、他の断面形状に対する検討や、曲げが卓越した場合についての考察は今後に残されている。

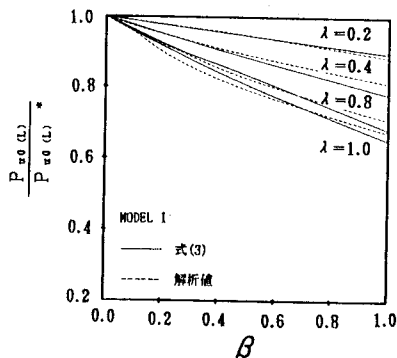


図-2

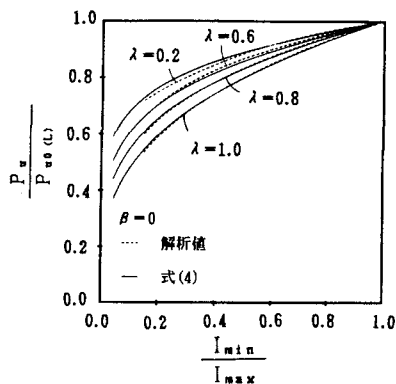


図-3

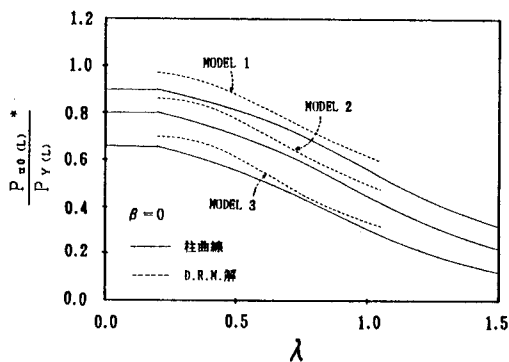


図-4

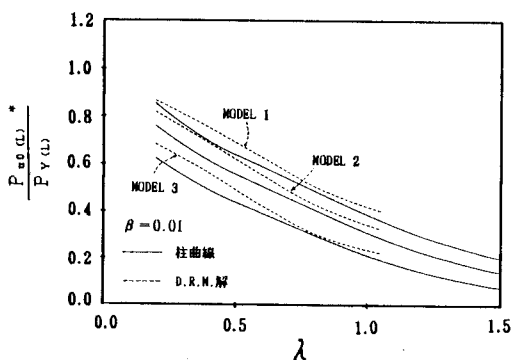


図-5

- 1) 土木学会：座屈設計ガイドライン，第7章，1987。
- 2) 日本建築学会：鋼構造座屈設計指針，1980。
- 3) 三上・他：構造工学論文集，1987-3。
- 4) 三上・他：構造工学論文集，1988-4。
- 5) 三上・他：土木学会関西支部年次学術講演会，I-16，1987。
- 6) 三上・他：土木学会関西支部年次学術講演会，I-20，1988。
- 7) 土木学会：座屈設計ガイドライン，第5章，1987。