

(1-7) バックトラック法による

I 型断面の最適設計

東洋大 学生員○大川史芳

東洋大 正員 新延泰生

東洋大 正員 矢島基臣

1. まえがき

I 型断面桁に設計曲げモーメントが与えられた場合、その最適な断面については経済的桁高として、経験的な式から理論的な考察まで含めてよく知られている。しかし、いずれの場合も水平補剛材を取り付けない場合を対象としている。得られた桁高が高いときには腹板厚を薄くするために水平補剛材を取り付けることがよく行なわれるが、その場合の桁高は水平補剛材を考慮しないときの最適な桁高をそのまま使用している。すなわち最適な桁高に対する水平補剛材取り付けの影響は無視されている。本研究では水平補剛材取り付け位置も設計変数に入れ、設計曲げモーメントおよび設計せん断力を与えられたときの最適な断面をバックトラック法により求めている。なお、板厚は規格値を使用している。

2. 問題の定式化

図-1 に示すように垂直補剛材および水平補剛材で囲まれたパネルを有する 2 軸対称 I 型断面の最小断面を道路橋示方書³⁾の関連規定を制約条件として求める。すなわち

目的関数：A → 最小

$$A = b t_w + 2 b_f t_f$$

制約条件：

- (1) 応力度の照査（縁応力度ならびにフランジとウェブとの接合部における合成応力度に対して）

$$\sigma_c = \sigma_t \leq \sigma_a$$

$$(\sigma_t / \sigma_a)^2 + (\tau_t / \tau_a)^2 \leq 1.2$$

ここで、

σ_c, σ_t ：縁応力度

σ_a ：曲げモーメントによる垂直応力度 設計変数：b, b₁, t_w, t_f

τ_t ：曲げに伴うせん断応力度

σ_a ：許容引張応力度

τ_a ：許容せん断応力度

- (2) 構成板要素の局部座屈に対する照査

ここでは圧縮側フランジの局部座屈は考慮せず、フランジ、水平補剛材および垂直補剛材で囲まれた各パネルの局部座屈のみを考慮する。座屈照査式は次式で示される。

$$\frac{1+\phi}{4} \frac{\sigma_c}{\sigma_{cr}} + \sqrt{\left(\frac{3-\phi}{4} \frac{\sigma_c}{\sigma_{cr}}\right) + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} \leq \frac{R^2}{\nu_b}$$

ここで、

$$\sigma_{cr} = k_r \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2$$

$$\tau_{cr} = k_r \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2$$

$$k_r = 23.9$$

$$k_r = \begin{cases} 5.34 + \frac{4.00}{(a/b)^2} ; (a/b > 1) \\ 4.00 + \frac{5.34}{(a/b)^2} ; (a/b \leq 1) \end{cases}$$

また、R および ν_b はそれぞれ座屈パラメータおよび座屈安全率で、以下の式で示されるものである。

$$R = 0.90 - 0.10 \phi$$

$$\nu_b = 1.25 + (0.30 + 0.15 \phi) e^{-4.3 \eta} \geq 1.25$$

ここで、 ϕ は腹板の上下縁の応力比であり、 η はウェブに加わるせん断応力度と、大きい方の縁圧縮応力度との比である。

$$\phi = \sigma_1 / \sigma$$

$$\eta = \tau / \sigma \quad (\text{図-2 参照})$$

- (3) フランジ自由突出部の板厚部の板厚は自由突出幅の1/16以上とする。

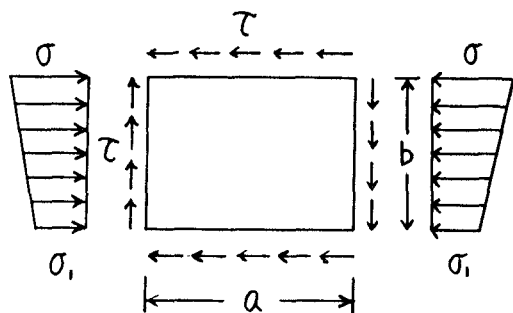
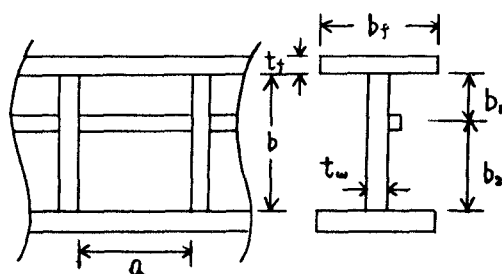


図-1 垂直補剛材および水平補剛材
を有する2軸対称I型断面

M	50 (tfm)	75 (tfm)	100 (tfm)
b (cm)	114.86	117.86	117.47
b ₁ (cm)	26.10	27.10	27.10
t _w (cm)	0.80	0.80	0.80
t _f (cm)	0.80	1.00	1.20
b _f (cm)	20.00	30.00	38.00
A (cm ²)	123.89	154.29	185.17

(補剛材1本付I型断面)

表-1 (b) 数値計算結果



(a)

(b)

図-2 ウェブパネルに作用
する応力状態

3. 数値計算例

板厚は規格値である0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6cmの9種類とし、設計曲げモーメント50tfm, 75tfm, 100tfmの各場合に対し最小断面を求めた結果を表-1に示す。材質はSS41とする。

M	50 (tfm)	75 (tfm)	100 (tfm)
b (cm)	84.00	99.00	118.64
t _w (cm)	0.80	0.90	0.80
t _f (cm)	1.30	1.60	1.50
b _f (cm)	25.00	25.00	30.00
A (cm ²)	132.20	169.00	184.91

(無補剛1型断面)

表-1 (a) 数値計算結果

表-1より以下の事項がわかる。最適断面はほぼ縁応力度の照査の制約条件でできまっている。無補剛の場合、最適断面は両フランジ断面積の和とウェブ断面積とがほぼ等しい値で求まっており、理論解とも一致している。最適な補剛材取り付け位置 b_1 は、道路橋示方書の値0.20bよりやや大きい0.23b付近となっている。次に設計曲げモーメント50tfmの場合を例にとり両者を比較してみると、最適な桁高 b は84cmに対して114.86cmと補剛材を取り付けることによって20~30%高く求まる。一方、断面積では132.2cm²に対して123.89cm²と約6%減少していることがわかる。

4. まとめ

以上から水平補剛材を取り付けることによりウェブ厚を薄くすることが可能である。その場合の最適桁高は無補剛桁のそれに比較して高くなる。現在補剛材1本付I型断面に加え、補剛材2本付断面も検討中である。

参考文献

- 1) 伊藤文人・野上邦栄：許容応力度設計法によるプレートガーダーの最適桁高，土木学会論文集第380号/I-7 1987年4月
- 2) Farkas, J.: Optimum Design of Metal Structures
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書 同解説 I 共通編 II 鋼橋編