

I-191

I 型断面桁の最適桁高に及ぼす
水平補剛材の影響について

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¹⁾。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も考慮し、設計曲げモーメントが与えられたときの最適な断面を求め、最適桁高に及ぼす水平補剛材取り付け位置の影響を検討した。最適化の手法はバックトラッキング法²⁾によった。なお、板厚は規格値を使用している。本研究の一部については第15回関東支部技術研究発表会で発表している³⁾。

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⁴⁾の関連規定を制約条件として求める。すなわち

目的関数: $A \rightarrow \text{最小}$ $A = b t_w + 2 b_f t_f$

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)

$$\sigma_c = \sigma_s \leq \sigma_a$$

$$(\sigma_b / \sigma_s)^2 + (\tau_b / \tau_s)^2 \leq 1.2$$

ここで、

σ_c, σ_s ; 縁応力度

σ_b ; 曲げモーメントによる垂直応力度

τ_b ; 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、

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

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

$$k_\sigma = 23.9$$

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

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。

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

$$\eta = \tau / \sigma$$

(図-2 参照)

- (3) フランジ自由突出部の板厚は自由突出幅の1/16以上とする。

設計変数: $b, b_1, b_2, t_w, t_f, b_f$

表 1 数値計算結果

M (tfm)	P 1 **	P 2 **	b (cm)	b ₁ (cm)	b ₂ (cm)	t _w (cm)	t _r (cm)	b _r (cm)	A (cm ²)
無補剛 I 型断面桁									
100	—	—	121.0	—	—	0.8	1.4	31.0	183.6
200	—	—	151.0	—	—	1.0	1.6	44.0	291.8
300	—	—	182.0	—	—	1.2	1.6	51.5	383.2
水平補剛材 1 本付 I 型断面桁									
200	0.21-0.45	—	227.0	47.7-102.2	—	0.8	1.1	30.0	247.6
300	0.25-0.38	—	263.0	65.8-99.9	—	0.8	1.3	36.0	304.0
500	0.28-0.33	—	299.0	83.7-98.7	—	0.8	1.6	50.0	399.2
水平補剛材 2 本付 I 型断面桁									
300	0.15-0.25	0.3-0.4	272.0	48.8-83.2	81.6-108.8	0.8	1.3	33.0	303.4
600	0.15-0.25	0.3-0.4	375.0	67.3-93.8	112.3-150	0.9	1.5	39.0	454.5
1000	0.15-0.2	0.4	495.0	74.3-99.0	198	0.9	1.5	47.0	586.5

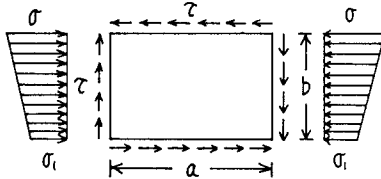
** P1=b₁/b , P2=b₂/b (P1 ≤ P2)

図-1 ウェブパネルに作用する応力状態

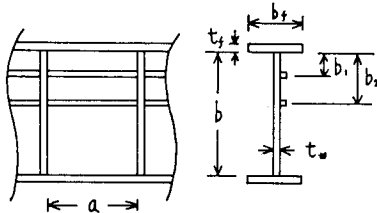


図-2 垂直補剛材および水平補剛材を有する2軸対称I型断面

3. 数値計算例

板厚は規格値である0.8~1.6cmの9種類とし、与えた設計曲げモーメントの各場合に対し最小断面を求めた計算結果を表-1に示す。材質はSM41とする。

表-1より以下の事項がわかる。設計曲げモーメント300tfmの場合を例にとれば、最適な桁高は無補剛の場合に対して、水平補剛材を取り付けることにより45~50%増となり、一方断面積は同じく無補剛の場合に対して、水平補剛材を取り付けることにより約21%減となる。また、水平補剛材取り付け位置は確定した値ではなく、ある範囲で

示され、水平補剛材1本の場合は設計曲げモーメントを200tfm~500tfmと増加させていくにつれて、その範囲は狭くなりP1の値は0.30付近で求まる。水平補剛材2本の場合も設計曲げモーメントを300tfm~1000tfmと増加させていくにつれて、その範囲は狭くなりP1が0.15~0.2に対してP2が0.4付近で取り付け位置は求まる。

4. まとめ

以上から水平補剛材を取り付けることにより無補剛、水平補剛材1本付、水平補剛材2本付の順に断面積を減らすことが可能で、その場合の最適桁高はその順に高くなる。また、そのときの水平補剛材取り付け位置は確定した値ではなく、ある範囲で示され、その範囲は設計曲げモーメントを増加させていくにつれ狭くなり、その範囲での最適断面はすべて共通であることがわかった。

参考文献

- 1) 伊藤文人・野上邦榮：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38号/I-7 1987年4月
- 2) Farkas, j.: Optimum Design of Metal Structures
- 3) 大川・新延・矢島：BACKTRACK法によるI型断面の最適設計，第15回関東支部技術研究発表会、1988年3月
- 4) 日本道路協会：道路橋示法書 同解説 I 共通編 II 鋼橋編