

I-108

設計のための鋼箱桁の曲げ・せん断および曲げ・せん断・ねじり終局強度の算定法

関西大学工学部 正会員 三上 市蔵

日本電子計算機 正会員 丹羽 量久

関西大学大学院 学生員 〇藤崎 敦久

1. まえがき 鋼箱桁の終局強度を求めるための算定法が2～3提案されている。鋼箱桁を限界状態設計法を用いて設計するためには、腹板、圧縮フランジ、引張フランジの板要素とともに、箱桁全体としての終局強度を簡易な方法で算定できる必要がある。ここでは、文献1)の考え方をさらに発展させ、文献2)3)4)の成果を基にして、上下非対称長方形断面箱桁の曲げ・せん断および曲げ・せん断・ねじり終局強度の算定法を提案する。また、この算定法による強度を既存の実験値^{6)～9)}と比較する。

2. 箱桁の断面 箱桁の断面の定義は、文献1)に基づくものとする。

3. 腹板の終局曲げ強度 腹板の終局曲げ強度 $\sigma_{ult,w}$ は文献1)に基づいて計算する。

4. 腹板の終局せん断強度 腹板の終局せん断強度 $\tau_{ult,w}$ は文献2)に基づいて計算する。ただし、腹板の部分パネルの斜張力強度の計算にあたって、箱桁のフランジはほとんど腹板の斜張力場のアンカーと成り得ないと考え、塑性ヒンジは形成されないものとする。すなわち、斜張力強度によるせん断強度 τ_t は次式で求める。

$$\tau_t = \sigma_t [\sin \theta \cos \theta - (a/B_w) \sin^2 \theta] \quad (1)$$

ただし、 σ_t は斜張応力、 θ は斜張力場の傾斜角で、それぞれ次式で求める。

$$\frac{\sigma_t}{\sigma_{yw}} = 1 - \left(\frac{\tau_{cr}}{\tau_{yw}} \right)^{0.6} \quad (2) \quad \theta = \frac{2}{3} \cdot \tan^{-1} (B_w / a) \quad (3)$$

5. 腹板の終局曲げ・せん断強度 曲げとせん断を受ける腹板の終局強度は、終局曲げ強度 $\sigma_{ult,w}$ と、終局せん断強度 $\tau_{ult,w}$ を用いて、文献3)の曲げ・せん断相関式から計算する。

6. 圧縮フランジの終局圧縮強度 圧縮フランジの終局圧縮強度 $\sigma_{ult,fc}$ は文献4)の方法で計算する。

7. 圧縮フランジの終局せん断強度 圧縮フランジにおける斜張力強度を無視する。単一パネル、部分パネル、全体パネルの各せん断座屈強度を求め、最小値を圧縮フランジの終局せん断強度 $\tau_{ult,fc}$ とする。

8. 圧縮フランジの終局圧縮・せん断強度 箱桁に曲げとねじりが作用し、圧縮フランジが圧縮とせん断を同時に受ける場合の終局強度は、6.から終局圧縮強度 $\sigma_{ult,fc}$ 、7.から終局せん断強度 $\tau_{ult,fc}$ を求めたのち、次の相関式で計算する。

$$\frac{\sigma_{fc}}{\sigma_{ult,fc}} + \left(\frac{\tau_{fc}}{\tau_{ult,fc}} \right)^2 = 1 \quad (4)$$

9. 箱桁の終局強度の照査 箱桁が曲げ・せん断および曲げ・せん断・ねじりを受けた場合の終局強度の照査は以下のようにして行う。

9.1 曲げ・せん断終局強度 変化する曲げモーメント(一端でM, 他端で βM)とせん断力Vが作用する箱桁の場合、圧縮フランジの終局強度の照査は次式で行う。

$$\frac{M_f^*}{M_{yfc}} \leq \frac{\sigma_{ult,fc}}{\sigma_{yfc}} \quad (5)$$

腹板の終局強度の照査は次式で行う。

$$\left[\frac{M_w^*}{\sigma_{ult,w} W_{fc}} \right]^4 + \left[\frac{V}{2 \tau_{ult,w} A_w} \right]^4 \leq 1 \quad (6)$$

ただし、圧縮力が変化する場合の圧縮フランジの強度算定を行うための換算曲げモーメント M_{fc}^* 、腹板の強度算定を行うための換算曲げモーメント M_w^* は、それぞれ次式で計算する。

$$\left. \begin{aligned} M_{fc/w}^* &= M [1 - 0.377(1 - \beta)] & : \alpha_{fc/w} \leq 1 \\ &= M [1 - 0.377(1 - \beta) / \alpha_{fc/w}^p] & : \alpha_{fc/w} > 1 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$p = 3.61(1 - \beta) / [1 + 5.55(1 - \beta)] \quad (8)$$

圧縮フランジの強度が全体座屈で決定される場合は $\alpha_{fc} = L/B_{fc}$ 、部分座屈で決定される場合は $\alpha_{fc} = a/B_{fc}$ とする。また、腹板の強度が全体座屈で決定される場合は $\alpha_w = L/B_w$ 、部分パネルまたは単一パネルの座屈で決定される場合は $\alpha_w = a/B_w$ とする。

引張フランジの降伏に対する照査は次式で行う。

$$\frac{M}{M_{yft}} \leq \sqrt{1 - 3 \left[\frac{V}{6 \sigma_{yft} A_w} \right]^2} \quad (9)$$

ただし、曲げの変化にともなうフランジに生ずるせん断応力を近似的に腹板に生ずるせん断応力 $\tau_w = V/2A_w$ の $1/3$ とみなした。⁵⁾

9.3 曲げ・せん断・ねじり終局強度

圧縮フランジの終局強度は、次式を用いて照査する。

$$\frac{M_{fc}^*}{\sigma_{ult,fc} W_{fc}} + \left[\frac{T}{2 \tau_{ult,fc} \Omega_{tfc}} \right]^2 \leq 1 \quad (10)$$

ここに、 Ω は腹板、圧縮フランジ、引張フランジで囲まれる部分の断面積である。

腹板の終局強度は、次式を用いて照査する。

$$\left[\frac{M_w^*}{\sigma_{ult,w} W_{fc}} \right]^4 + \left[\frac{V}{2 \tau_{ult,w} A_w} + \frac{T}{2 \tau_{ult,w} \Omega_{tfc}} \right]^4 \leq 1 \quad (11)$$

引張フランジの降伏に対する照査は次式で行う。

$$\frac{M}{M_{yft}} \leq \sqrt{1 - 3 \left[\frac{V}{6 \sigma_{yft} A_w} + \frac{T}{2 \sigma_{yft} \Omega_{tft}} \right]^2} \quad (12)$$

10. 実験値との比較 文献6)~9)の実

験値と本算定法から得られる理論値を比較した。その結果を表-1に示す。

表-1

Loading	Model No.	Ref.	Theoretical			Theoretical P_{ult} (tonf)	Experimental P_{max} (tonf)	P_{max} P_{ult}
			Web $P_{ult,w}$ (tonf)	Compression Flange $P_{ult,fc}$ (tonf)	Tension Flange $P_{ult,ft}$ (tonf)			
Bending & Shear	6-5	7	344	792	656	344	535	1.56
	6-6	7	336	843	613	336	535	1.59
	6-7	7	344	792	656	344	581	1.69
	6-8	7	320	491	398	320	465	1.45
	6-9	6	320	491	398	320	434	1.36
	6-10	7	316	523	417	316	469	1.48
	6-11	6	316	523	417	316	445	1.41
	1	8	133	118	152	113	120	1.02
	3	8	247	164	170	164	192	1.17
	5	8	88.6	200	226	88.6	112	1.26
Bending, Shear & Torsion	6	8	251	319	624	251	252	1.00
	9	9	473	390	492	390	440	1.13
Bending, Shear & Torsion	7	8	64.8	146	178	64.8	82.0	1.27

参考文献 1) 三上・丹羽・藤崎：土木学会関西支部，1991.6. 2) 三上・山里：構造工学論文集，Vol.36A，1990. 3) 三上・木村・山里：構造工学論文集，Vol.35A，1989. 4) 三上・丹羽：構造工学論文集，Vol.36A，1990.

5) Wolchck, R., et al. : Proposed Design Specifications for Steel B

ox Girder Bridges, 1980. 6) Mikami, I., et al. : Technology Reports of Kansai Univ., No.21, 1980. 7) 丹羽：他：土木学会関西支部，1979. 8) Dowling, P.J., et al. : Steel Box Girder Bridges, ICE, 1977. 9) Dowling, P.J., et al. : Steel Plated Structures, 1977.