

設計のための鋼箱桁の終局曲げ強度の算定法

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 ○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の強度とともに、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)および2)の成果を基にして、上下非対称長方形断面箱桁の曲げ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^{3)～7)}と比較する。

2. 箱桁の断面 上下非対称長方形断面箱桁（弾性係数 E 、せん断弾性係数 G 、ポアソン比 μ ）のダイアグラム間の長さ L の部分が、曲げモーメント M を受ける場合について考える。

図-1に示すように、腹板は幅 B_w 、厚さ t_w 、降伏応力 σ_{yw} で、 n_v 本の垂直補剛材（断面2次モーメント、ねじり定数 J_v ）と n_h 本の水平補剛材（断面2次モーメント I_h 、ねじり定数 J_h ）によって補剛されている。腹板の圧縮縁側から i 番目の単一パネル

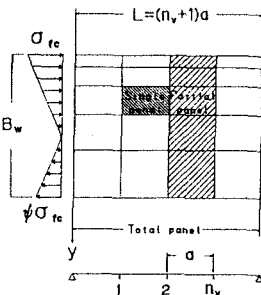


図-1

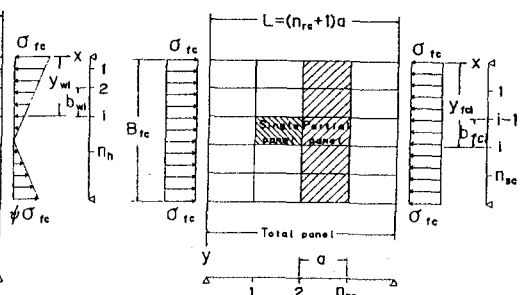


図-2

の幅は b_{wi} とする。図-2に示すように、圧縮フランジは幅 B_{fc} 、厚さ t_{fc} 、降伏応力 σ_{yfc} 、 n_{sc} 本の縦補剛材（断面2次モーメント I_{sc} 、ねじり定数 J_{sc} 、断面積 A_{sc} 、降伏応力 σ_{yfc} ）と n_{rc} 本の横補剛材（断面2次モーメント I_{rc} 、ねじり定数 J_{rc} 、断面積 A_{rc} 、降伏応力 σ_{yrc} ）によって補剛されている。一端辺から i 番目の単一パネルの幅は b_{sci} とする。引張フランジは幅 B_{ft} 、厚さ t_{ft} 、降伏応力 σ_{yft} 、 n_{st} 本の縦補剛材（断面積 A_{st} ）と n_{rt} 本の横補剛材（断面積 A_{rt} ）によって補剛されている。

腹板の垂直補剛材とフランジの横補剛材は間隔 a で等間隔に配置されているものとするが、腹板の水平補剛材とフランジの縦補剛材は不等間隔に配置されていてもよい。フランジの縦補剛材は平板、バルブ、T、L、U断面等も扱える。

箱桁の曲げ終局強度の算定に用いる断面定数は、図-3に示すように、フランジの主板と縦補剛材が腹板の上下縁に集まっているものとし、水平補剛材の断面を無視して算定する。 b_c は腹板の圧縮縁から曲げに対する中立軸までの距離、 b_t は腹板の引張縁から中立軸までの距離である。腹板、圧縮フランジ、引張フランジの主板の断面積をそれぞれ A_w 、 A_{fc} 、 A_{ft} とす

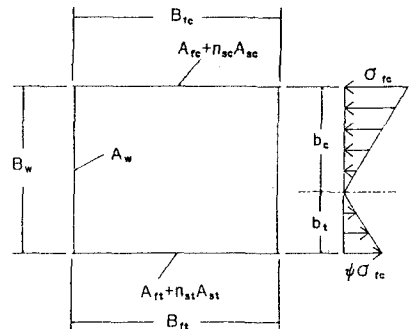


図-3

ると、次の関係が得られる。

$$\phi = -b_t / b_c = - (A_{rc} + n_{sc} A_{sc} + A_w) / (A_{rt} + n_{st} A_{st} + A_w) \quad (1)$$

また、腹板の圧縮縁および引張縁における断面係数の近似値 W_{rc}^* 、 W_{rt}^* は次のようになる。

$$W_{rc}^* = \frac{B_w}{1-\phi} \left[\frac{2}{3} (1+\phi+\phi^2) A_w + (A_{rc} + n_{sc} A_{sc}) + \phi^2 (A_{rt} + n_{st} A_{st}) \right] \quad (2)$$

$$W_{rt}^* = -\frac{1}{\phi} W_{rc}^* \quad (3)$$

3. 腹板の終局曲げ強度 腹板の終局曲げ強度は文献1)の算定法を次のように変更して計算する。

(1)腹板の局部座屈 曲げ・圧縮に対する終局強度 σ_{ult} は、次の相関式から求める。

$$\frac{(1+\phi_i) \sigma_{ult}}{2 \sigma_{ult,c}} + \left[\frac{(1-\phi_i) \sigma_{ult}}{2 \sigma_{ult,b}} \right]^2 = 1 \quad (4)$$

ここに、 ϕ_i : 単一パネルの応力勾配、 $\sigma_{ult,c}$: 単一パネルの終局圧縮強度、 $\sigma_{ult,b}$: 単一パネルの終局曲げ強度である。

4. 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は文献2)の方法で計算する。

5. 箱桁の曲げ終局強度 圧縮フランジの終局圧縮強度を $\sigma_{ult,rc}$ 、腹板の終局曲げ強度を $\sigma_{ult,w}$ とすると、圧縮フランジの座屈が先行する場合 ($\sigma_{ult,rc} \leq \sigma_{ult,w}$) は、圧縮フランジの座屈を桁の崩壊と考えて、終局強度は次式で照査する。

$$\frac{M}{M_{Yrc}} \leq \frac{\sigma_{ult,rc}}{\sigma_{Yrc}} \quad (5)$$

ここに、 M_{Yrc} : 圧縮フランジの降伏モーメントである。

腹板の座屈が先行する場合 ($\sigma_{ult,rc} > \sigma_{ult,w}$) は、腹板座屈後の曲げモーメントの増分はフランジが負担すると考えて、終局強度を次式で照査する。

$$\frac{M}{M_{Yrc}} \leq \frac{\sigma_{ult,w}}{\sigma_{Yrc}} \left[1 + \frac{(1-\phi) (\sigma_{ult,rc} / \sigma_{ult,w} - 1)}{1 + \phi^2 \frac{A_{rt} + n_{st} A_{st}}{A_{rc} + n_{sc} A_{sc}} + (1+\phi+\phi^2) \frac{2 A_w}{3 (A_{rc} + n_{sc} A_{sc})}} \right] \quad (6)$$

引張フランジの降伏に対する照査は次式で行う。

$$\frac{M}{M_{Yrt}} \leq 1 \quad (7)$$

ここに、 M_{Yrt} : 引張フランジの降伏モーメントである。

6. 実験値との比較 文献3)～6)の実験値と本算定法から得られる理論値を比較した。その結果を表一1に示す。考察その他の詳細については、講演当日に述べる。

表一1

Model No.	Ref.	Theoretical			Theoretical P_{ult} (tonf)	Experimental P_{max} (tonf)	P_{max} P_{ult}
		Web $P_{ult,w}$ (tonf)	Compression Flange $P_{ult,rc}$ (tonf)	Tension Flange $P_{ult,rt}$ (tonf)			
6-1	3, 4	(575)	657	684	657	680	1.04
6-3	3, 4	(575)	657	580	657	760	1.16
2	5	—	56.8	105	56.8	64.5	1.13
4	5	—	86.7	173	86.7	92.0	1.06
8	5	—	40.4	248	40.4	55.5	1.37
10	6	—	196	505	164	196	1.20
A	7	—	15.5	32.9	15.5	14.0	0.90
B	7	—	8.7	22.7	8.7	11.9	1.37
C	7	—	23.0	25.0	23.0	22.6	0.98

参考文献 1)三上・木村・山里：構造工学論文集，Vol.35A，1989。 2)三上・丹羽：構造工学論文集，Vol.36A，1990。 3)三上 他：土木学会論文報告集，No.301，1980。 4) Mikami, I., et al. : Technology Reports of Kansai Univ., No.21, 1980。 5) Dowling, P.J., et al. : Steel Box Girder Bridges, ICE, 1977。 6) Dowling, P.J., et al. : Steel Plated Structures, 1977。 7) Mikami, I., et al. : Technology Reports of Kansai Univ., No.29, 1987。