

(株) 総合技術コンサルタント 正 野口工部  
 大阪市立大学工学部 正 中井博  
 同上 正 北田俊行  
 (株) 総合技術コンサルタント 正 佐藤 勲

1. まえがき

近年、鋼床版箱桁橋の長大化に伴ない、箱形状も大形化してきている。そして、フランジの幅(腹板間隔)も広いものが採用されるようになってい。圧縮補剛板の設計においては補剛板の幅が広い場合、縦方向補剛材あるいは横方向補剛材の必要断面は大きなものとなり、断面構成の上で問題点も多い。本文では、まず道路橋示方書の考え方にに基づき、縦桁を配置した圧縮補剛板の設計法に関する基礎的研究を行なった。そして、上述した問題に対し圧縮補剛板に縦桁を配置することにより経済的な縦・横補剛材の配置について考察してみた。

2. 縦桁で補剛された補剛板の弾性座屈解析

図-1 に示すような縦桁を有する補剛板の弾性座屈応力度  $\sigma_{cr}$  をエネルギー法により導いた。本解析で用いた仮定は以下のとおりである。

- (1) 縦方向補剛材は十分に配置されているものとし、縦桁と横方向補剛材とで囲まれた補剛板パネルを直交異方性板にみなす。
- (2) 横方向補剛材ならびに縦桁はそれぞれ梁及び柱要素として取扱う。
- (3) 十分剛な腹板及びダイヤフラムで支持されているので、境界条件は周辺で単純支持されているものとする。
- (4) 座屈モードは式(2)で示す2重制限関数で表わす。
- (5) 補剛板の板厚及び縦方向補剛材の寸法は一定とする。
- (6) 縦・横方向補剛材及び縦桁の断面2次モーメントは補剛板の補剛材側の表面に関するものとする。
- (7) 補剛材のねじり剛度は無視する。

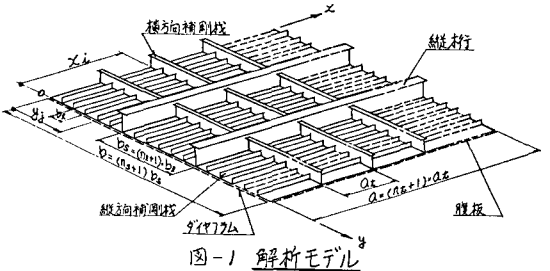


図-1 解析モデル

- $D_x = D + E I_s^2 / b_e$   $I_s$ ; 縦方向補剛材の断面2次モーメント
- $D$ ; 補剛板の曲げ剛度  $I_t$ ; 横方向 " の "
- $= \frac{E t^3}{12(1-\mu^2)}$   $I_s$ ; 縦桁の "
- $t$ ; 補剛板の板厚  $A_t$ ; 縦方向補剛材の断面積
- $H$ ; ポアソン比  $A_s$ ; 縦桁の "
- $E$ ; ヤング係数  $d = a/b$  "
- $n$ ; x方向の座屈波長の半波数  $d_t = a_x/b_s$
- $m$ ; y方向の "  $\delta_t = A_s / b_s t$

座屈変形により貯えられるひずみエネルギーと外力  $\delta x$  のなした仕事とが等しいことより次式が成り立つ。

$$\frac{1}{2} \int_0^a \int_0^b \left[ D_x \left( \frac{\partial w}{\partial x^2} \right)^2 + D \left( \frac{\partial w}{\partial y^2} \right)^2 + 2\mu D \frac{\partial w}{\partial x^2} \frac{\partial w}{\partial y^2} + 2(1-\mu) D \left( \frac{\partial w}{\partial x \partial y} \right)^2 \right] dx \cdot dy + \frac{1}{2} \int_0^b E I_t \int_0^a \left( \frac{d^2 w}{dy^2} \right)_{x=x_i} dy + \frac{1}{2} \int_0^a E I_s \int_0^b \left( \frac{d^2 w}{dx^2} \right)_{y=y_j} dx$$

座屈波形は次式で表わす。

$$w = w_0 \cdot \sin(m\pi x/a) \cdot \sin(n\pi y/b) \dots (2)$$

式(2)を式(1)に代入すると次式が得られる。

$$\sigma_x = \left( \frac{\pi}{b} \right)^2 \left[ \frac{D \left( \frac{m}{a} + \frac{n}{b} \alpha \right)^2 + \left( \frac{m}{a} \right)^2 \frac{E I_t}{b_e} + \left( \frac{n}{b} \alpha \right)^2 \frac{E I_s}{a_t} + \left( \frac{m}{a} \right)^2 \frac{E I_s}{b_s} }{t + \frac{I_t}{b_e} + \frac{A_s}{b_s}} \right] \dots (3)$$

3. 補剛材の必要剛度

表-1は縦・横方向補剛材及び縦桁の必要剛度とそれを求めた条件式を示すものである。横方向補剛材及び縦桁の必要剛度を求める際には式(3)中の補剛板の曲げ剛度  $D$  は  $(D \leq E I_s^2 / b_e \text{ and } E I_t / a_t \text{ and } E I_s / b_s)$  であらうが無視した。

表-1 補剛板の必要剛度

補剛板	条件式	必要断面2次元-X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	備考
補剛板	縦 $\sigma_c = \sigma_p$	道示に同じ	
	横 $\sigma_c = \sigma_c$	$I_t = \frac{m^2(n_x+1)^2 - m^2}{(n_x+1)^4} \cdot \left(\frac{1}{\sigma_c}\right)^3 (n_x+1) I_e$ $\left\{ m = \frac{n_x+1}{\sqrt{2}} ; \text{整数} \right\}$	
縦桁	$\sigma_s = \sigma_c$	$I_s = \frac{K(n_x+1)(n_x+1)^2 - (n_x^2 + 2n_x) - (n_x+1)^2}{(n_x+1)^4} I_e$ $\left\{ K = \frac{E + A_s b_s + A_s b_s}{E + A_s b_s} \right\}$	

4. 計算例

長さ  $a = 6.0$ , 幅  $b = 9.9$ , 板厚  $t = 2.5$ , 材質 SM50Y の補剛板について表-2 に示すような横方向補剛板及び縦桁の配置を考えた。縦方向補剛板間隔は  $b_x = 55.0$  ( $b_x/t = 22$ ,  $R = \sqrt{\sigma_y/\sigma_{cr}} = 0.98$ ) とした。計算結果として補剛板の鋼重を表-3 に、座屈応力  $\sigma_{cr}$  及び  $R$  の値を表-4 に示す。

表-2 補剛板の配置

	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4	CASE-5	CASE-6	CASE-7
形状							
縦方向補剛板 本数 $n_x$	17	17	17	16	16	15	15
横方向補剛板 本数 $n_y$	—	1	2	1	2	1	2
縦桁本数 $n_z$	—	—	—	1	1	2	2

表-3 補剛板の鋼重 (単位: ton)

	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4	CASE-5	CASE-6	CASE-7
補剛板	11.657	同左	同左	同左	同左	同左	同左
縦方向補剛板	9.208	5.205	3.203	4.898	3.017	4.592	2.826
横方向補剛板	—	2.122	5.401	0.590	1.068	0.317	0.746
縦桁	—	—	—	1.001	1.001	1.813	1.813
補剛板合計	9.208	7.327	8.604	6.497	5.083	6.722	5.085
合計	20.865	18.984	20.261	18.096	17.090	18.379	17.042

表-4 座屈応力  $\sigma_{cr}$  ( $kg/cm^2$ ) 及び  $R$

m	n	CASE-1		CASE-2		CASE-3		CASE-4		CASE-5		CASE-6		CASE-7	
		$\sigma_{cr}$	R	$\sigma_{cr}$	R	$\sigma_{cr}$	R	$\sigma_{cr}$	R	$\sigma_{cr}$	R	$\sigma_{cr}$	R	$\sigma_{cr}$	R
1	1	15600	0.98	15500	0.98	35800	0.32	15900	0.98	16400	0.97	15300	0.98	15400	0.98
1	2	"	"	190000	0.14	597000	0.08	15500	"	35700	0.32	17200	0.96	20700	0.92
1	3	15900	"	944100	0.06	2761700	0.04	67200	0.28	166300	0.15	15700	0.98	35300	0.32
2	1	62200	0.24	15600	0.98	15500	0.98	59100	0.25	58500	0.25	60700	0.24	60100	0.24
2	2	"	"	"	"	143300	0.16	15500	0.98	15900	0.98	"	"	61500	"
2	3	62300	"	15800	"	697000	0.07	59300	0.25	96100	0.19	15500	0.98	15500	0.98
3	1	139900	0.16	36300	0.31	15600	0.98	133100	0.16	130500	0.17	136600	0.16	135000	0.16
3	2	140000	"	55700	0.25	"	"	36100	0.32	15600	0.98	136800	"	135100	"
3	3	"	"	139600	0.16	15800	"	138900	0.16	130700	0.17	35700	0.32	15600	0.98

5. まとめ

圧縮補剛板の幅が広いとき、補剛板を縦・横方向補剛板のみで構成した場合、縦方向補剛板あるいは横方向補剛板の必要剛度は非常に大きくなる (CASE-1~3)。これに対し、縦桁を配置すると、縦・横方向補剛板の必要剛度は小さくでき、全体の補剛板重量も軽減できることが分かる (CASE-4~7)。補剛板の最適配置については、単に鋼重面だけでなく、全体の断面構成、製作、架設等とも考え合せ検討されるべきであろう。本文では、その際の基本となる1項目として、縦・横方向補剛板の他に縦桁が配置された補剛板の設計方法を示すとともに、計算例により、その有効性を確かめた。

参考文献

- 1) 道路橋示方書・同解説 (鋼橋編) 昭和48年2月, 昭和55年2月
- 2) Theory of elastic stability ; Timoshenko & Gere
- 3) Über die Berechnung regelmäßiger Konstruktionen als Kontinuum ; Giencke, E. Stahlbau 1967