

横河橋梁製作所 正員 小桜 義隆
 名古屋工業大学 正員 長谷川彰夫
 名古屋工業大学 正員 松浦 聖

1. まえがき

最大荷重設計による多変数関数の適用例として、単純支持された等分布荷重を受ける2軸対称I形プレート・ガーダーの断面形状の最適化を全体座屈と局部座屈を同時に考慮して行ない、最適断面特性を⁽¹⁾実用的に得ることができた。

ここでは、その発展として実際のプレート・ガーダーに近い非対称断面のプレート・ガーダーに横倒れ座屈を防止するための対傾構（または横構等）の配置を考え、最大荷重設計により最適化する。この場合、対傾構の配置による最適断面特性とその有用性について検討する。

2. 設計項目

最適化する対象として、Fig. 1に示すような非対称プレート・ガーダーに対傾構がスパンを等分するように設置した構造を考える。

設計に必要な事項としては、全体座屈崩壊と局部座屈崩壊を同時に考えると、1) 圧縮フランジの板要素、2) ウェブの曲げを受ける板要素、3) 横倒れ座屈、4) 曲げによる引張、5) セン断を受ける板要素であり、これらに6) たわみ制限を加えると計6項目（ $j=1\sim 6$ ）の設計事項が必要となる。

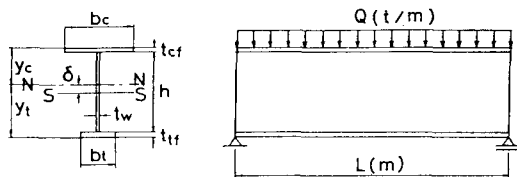


Fig. 1 単純支持梁

3. 最適化計算

設計手法は最大荷重設計により行なう。したがって最大荷重設計の状態能力関数 $\bar{P}_i$ を求めるのに必要な規定関数 $\bar{C}_j$ は、設計項目の1)～5)に対しては耐荷力式に安全率1.7を見込んで与えた。そして6)のたわみに関しては道路橋示方書⁽²⁾に準拠した。以上により最大荷重設計の最終的なアルゴリズムは

$$\bar{P}_{\max} = \max \{ \bar{P}_j(Y) \} \quad \text{--- (1)}$$

$$(j=1\sim 6), \bar{P}_j = \bar{P}_j(R, \bar{Y})(Y),$$

$$Y = Y(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$$

である。ここで用いた変数として次の無次元量を定義する。

$$R = L^2/A = L^2/(b_c t_{cf} + h t_w + b_t t_{tf}),$$

$$\bar{Y} = \sqrt{E/\sigma_y}, x_1 = b_c/t_{cf}, x_2 = h/t_w,$$

$$x_3 = b_t/t_{tf}, x_4 = A_w/A_{cf} = h t_w/(b_c t_{cf}),$$

$$x_5 = A_{tf}/A_{cf} = b_t t_{tf}/(b_c t_{cf})$$

最適化計算は式(1)に示すように、実質的には一般化細長比 R と鋼重 $\bar{Y}$ をパラメーターとする5変数 $Y(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$ の最大値を求める極値問題になる。そこで、本研究では文献(1)で採用した多数の初期値による収束値の平均値の概念を導入して計算した。

4. 結果と考察

いま、対傾構間隔をスパンが等分割されるように配置し、その分割数 m を1, 2, 4, 6と選び、鋼種SS41($\sigma_y=2400$ MPa)を与え、 R をパラメーターとして各々計算した結果がFig. 2～3である。

Fig. 2では各 R に対する適用可能最大荷重 $\bar{P}_{\max}$ を示す。この図で、特に $m=1$ の場合は対傾構を持たない場合であり、横倒れ座屈防止を全く配置しない結果である。また、 $m=2$ の場合はスパンを2等分するように対傾構をスパン中央に1ヶ所設け横倒れを拘束した結果である。このように $m=1\sim 6$ の場合についてそれぞれ示した。図から判断されることは、分割数 m を増すに従い耐荷能力が増大していることである。これは対傾構等の設置により、横倒れ座屈防止に役立つのはもちろんのこと梁の剛性が保たれるという事実と一致している。それから、 R が小さいときは各 m の値に対して耐荷能力は余り差は出ていないが、 R が大きくなるにつれその差が顕著である。すなわち、これは R が大きい値（例えば

A=一定でスパンLを大きくする) ときの方がRが小さい値(A=一定, Lを小さくする) のときよりも、スパンの比率より横倒れ座屈を防止する期待度が高いことを意味している。

Fig. 3はFig.2に対応するもので、各最適独立変数 ($x_1 \sim x_5$) と一般化細長

比Rとの関係図である。これらの図より最適断面形状は対傾構の数が増すにつれて、圧縮フランジ幅厚比 b_c/t_{cf} とウェブ幅厚比 h/t_w は共に小さくなる。また、引張りフランジ幅厚比 b_t/t_{tf} は $m=2$ 前後で最小になり、その他の m に対してはほぼ同じになる。そして、面積比 A_w/A_{cf} と A_{tf}/A_{cf} はそれぞれ大きくなる傾向がある。一般的にそれらの変化は m の値が増すにしたがってRの値に鈍感になることがわかる。

以上の結果図より、各 m の値に対する最適断面形状を定量的に把握する意味で実際に設計計算を行なった結果が表1である。この表より、対傾構の配置を多くすると、上フランジ断面積 A_{cf} とウェブ断面積 A_w はそれぞれ減少しているが、下フランジ断面積 A_{tf} は $m=4$ まで減少し、それ以上の m になると増加する傾向がある。しかし、全体の断面積Aとしては常に減少している。その減少率は対傾構を有しない $m=1$ の最適断面積と比較すると、 $m=2, 4, 6$ に対して各々約12%, 17%, 19%である。したがって、経済的断面を得るには対傾構の配置は非常に有効であることがわかる。

表1 最適断面形状寸法

m	1	2	4	6
R	10700	12200	12900	13200
b_c/t_{cf}	28.7	25.0	20.8	19.9
h/t_w	204	179	158	149
b_t/t_{tf}	19.4	15.6	18.8	18.9
A_w/A_{cf}	1.34	1.98	2.21	2.15
A_{tf}/A_{cf}	0.63	0.88	0.94	0.98
b_c	60.1	46.0	39.5	38.2
t_{cf}	2.1	1.84	1.90	1.92
h (mm)	186	174	161	154
t_w	0.91	0.97	1.02	1.03
b_t	38.8	34.3	36.3	36.9
t_{tf}	2.0	2.2	1.93	1.95
A_{cf}	126.2	84.6	75.1	73.3
A_w	169.3	168.8	164.4	158.1
A_{tf} (mm ²)	77.6	75.5	70.1	72.0
A	373	328	310	303

設計条件：スパンL=20m, 等分布

(参考文献)

荷重Q=4t/m, 鋼種SS41

(1)長谷川彰夫, 小椋義隆, 松浦聖, “最大過重設計による2軸対称プレート・ガーダーの最適化”, 土木学会論文報告集, 第301号, 1981年6月 (2)道路協会, “道路橋示方書・同解説”, 昭和55年2月

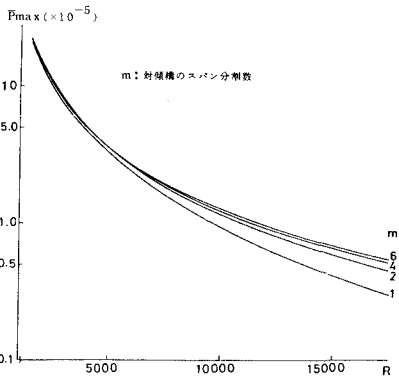


Fig.2 $\bar{P}_{max}$ とRの関係

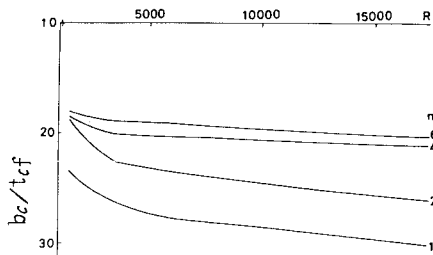


Fig. 3-1 b_c/t_{cf} とRの関係

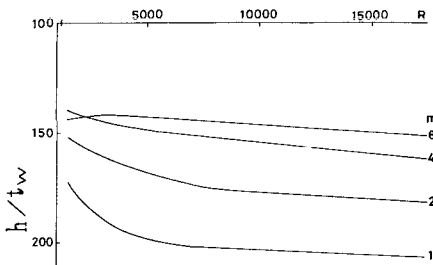


Fig. 3-2 h/t_w とRの関係

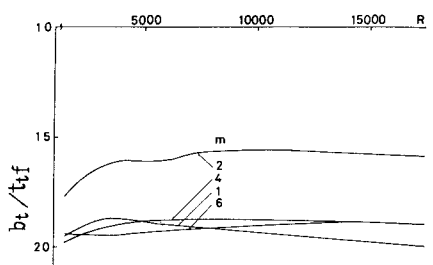


Fig. 3-3 b_t/t_{tf} とRの関係

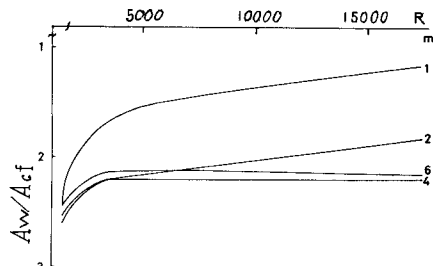


Fig. 3-4 A_w/A_{cf} とRの関係

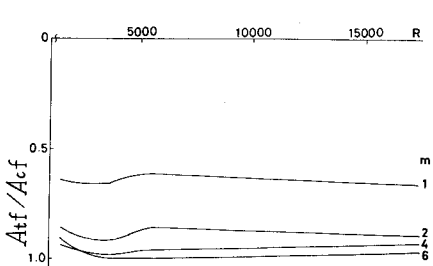


Fig. 3-5 A_{tf}/A_{cf} とRの関係