

# I-10 鋼桁断面の最適設計図表

愛媛大学工学部 正員 大久保 祐二

1. まえがき 著者は、さきに枝払い法およびSLP法を用いて板厚が整数値または離散値をとる場合の桁断面の最適設計法を提案したが、<sup>1)</sup>今回はこの方法により種々の鋼種および桁高について最適解を求め、この結果を用いて作成した鋼桁断面の最適設計図表についてのべるものである。

2. 設計変数および制約条件 鋼桁断面として、水平補剛材を有しない断面： $H_0$ 、1本有する断面： $H_1$ 、2本有する断面： $H_2$ を考えそれぞれの製作費の比較を行ない各鋼種について最適な水平補剛材の数を決定した。この場合設計変数として腹板高： $x_3$ を除く全ての断面寸法を考慮した。しかし水平および垂直補剛材の寸法は腹板高、厚さおよび垂直補剛材の間隔を用いて、補剛材の最小必要剛度の関係式より従属的に決定できるので、独立変数としては $x_1, x_2, x_4, x_5, x_6$ のみを考慮すればよい。(図-1参照) 制約条件としては、日本道路協会制定の道路橋示方書(昭和48年2月)に規定されているすべての制約条件式、さらに使用する板厚をJIS G 3193に規定されている板厚より選択することを条件として考慮した。また使用可能な鋼種をSS41, SM50, SM58とした。

3. 目的関数 目的関数としては桁の製作費を考え、鋼道橋原価計算表<sup>2)</sup>(昭和47年度版)を参考にしその算定式を決定した。すなわち桁の製作費は鋼材費および製作加工費および工場間接費よりなるものとし、鋼材費はベース価格、規格料、エキストラを考慮し各鋼板ごとに単価を算定した。また製作加工費は、溶接工程以外の加工費については $1\text{cm}$ 当りの単価を、溶接工程については溶接棒費および溶接工費の和とし、溶接に必要な人工時間： $H$ は文献<sup>3)</sup>を参照して次式より求めた。

$$H = L(1 + 0.18 W_k/W) \quad (1)$$

ここに $L$ ：脚長6mm換算総溶接延長、 $W$ ：全鋼重、 $W_k$ ：予熱を必要とする鋼材重量 である。また直接労務費を3600円/日、工場間接費を直接労務費の220%とした。

4. 設計法の概要 まず設計変数群： $x = [x_1, \dots, x_6]^T$ を離散型変数： $x_1 = [x_2, x_4, x_6]^T$ と連続型変数： $x_c = [x_3, x_5]^T$ に分け、 $x_c$ の離散条件を考慮しないでSLP法により最適解： $x_c^* = [x_3^*, x_5^*]^T$ 、 $x_c^* = [x_2^*, x_4^*, x_6^*]^T$ を求める。つぎに $x_c$ 群を $x_1, x_2, x_6$ の順序でbranch and boundするものとした。この場合、離散変数の連続解： $x_c^*$ が実行不可能な場合には $x_c^*$ をはさむ2つの離散値のみについて検討を行ないSLP法により最適の $x_c$ を決定した。また最適値が決定された $x_c$ は、つぎの $x_{c+1}$ を決定する過程では定数と考え設計変数群より消去し、あらたに $x_c^*$ および $x_c$ を用いて上記の計算過程をくり返し、さゆめて能率的に最適断面寸法を決定することができた。

5. 計算例 水平補剛材を多く用いればそれだけ腹板厚を減少させることができる。しかし逆に補剛材の材料費および腹板への溶接費は増加するので桁断面の最小製作費を求めるためには、各桁

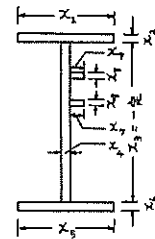


図-1 I型断面

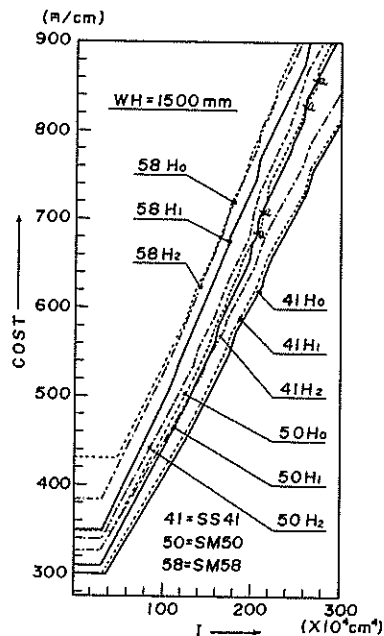


図-2 I-COST 関係曲線

1) 大久保 祐二, 畠田隆司: "桁断面の最適設計法に関する研究", 土木学会中部支部第24回学術講演会概要集, pp. 27-32, 昭和47年5月。

2) 日本橋梁建設協会, 鉄骨橋梁協会共編: "鋼道橋原価計算表" (昭和47年度版)

高について  $H_0, H_1, H_2$  の最小製作費を比較する必要がある。図-2は腹板高:  $x_3 = 1500\text{mm}$  の各鋼種の  $H_0, H_1, H_2$  における断面二次モーメント:  $I$  と桁断面の最小製作費:  $\text{COST}$  の関係を示したものである。ただし垂直補剛材の向隔を  $H_0$  では桁高の70%,  $H_1$  では65%,  $H_2$  では60%と仮定した。SS41では腹板厚を厚くしても  $H_0$  を用いるのが最も経済的となるのに対し、SM58では  $H_1$  が最小製作費を与えている。またSM50ではほとんどすべての  $I$  で  $H_2$  が最小  $\text{COST}$  を与えるが  $\alpha\alpha$  向では  $H_0$  がより経済的となっている。また各関係曲線が不連続に変化しているのは、フランジ厚が JIS G 3193 により 19, 20, 22, 25, 28, 32, ... などのように変化した。フランジ材の単価および  $t_f > S \geq \sqrt{t_f}$  で規定されるすみ肉溶接のサイズが不連続に大きく変化するためである。また各鋼種の  $I$  と最大抵抗曲げモーメント:  $\text{RBM}$  の関係曲線を図-3に示す。水平補剛材を有効断面として考慮しないため、 $I$  が最小板厚 (8mm) および板中 (10cm) により決定される範囲を除いて、各鋼種の  $H_0, H_1, H_2$  の  $\text{RBM}$  は同一となっている。  $I$  が極めて小さい範囲で  $\text{RBM}$  の値が異なるのは、腹板の厚さが  $H_0$  と  $H_1, H_2$  で異なるためである。

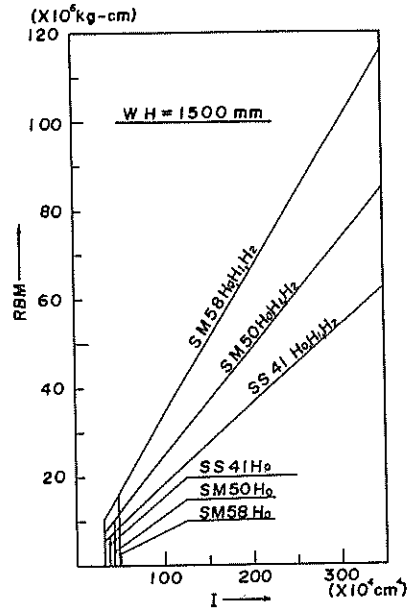


図-3 I-RBM 関係曲線

6. 最適設計図表 上記の関係曲線を各桁高について求めたが、SS41の  $I$ - $\text{COST}$ ,  $I$ - $\text{RBM}$  関係曲線を図-4, 5に示す。最適の水平補剛材数は、桁高が1500mmまでは  $H_0$ , 1600~2200mmまでは  $H_1$ , 2300mm以上では  $H_2$  となっている。この関係曲線群を鋼造桁の最適設計に用いることにより、各桁高の桁要素の最適な  $I$ , 長さおよび使用鋼種を容易に決定することができるが<sup>3)</sup> この結果については別の機会に発表する予定である。

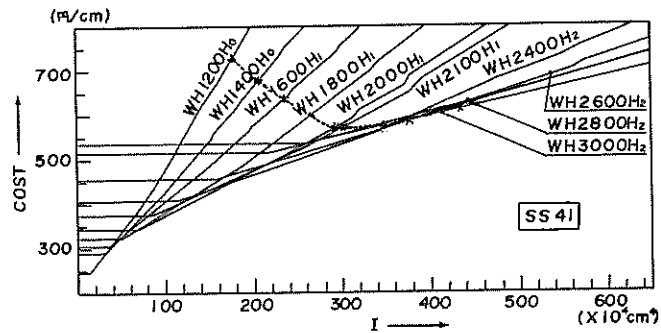


図-4 I-COST 関係曲線

また図-4, 5を利用して、全支間が同一の  $I$  を有する単純桁あるいは連続桁の最適設計を図解法により極めて容易に行なうことができる。すなわち、いま桁に作用する最大曲げモーメントを400とすると、まず  $I$ - $\text{RBM}$  図より各桁高に対する最適な  $I$  が求められ、この  $I$  を用いて  $I$ - $\text{COST}$  図より各桁高の最小製作費を算定することができる。この最小製作費を比較することにより、絶対最小製作費を与える桁高として2000mm, 絶対最小製作費として571.5  $\text{M/cm}$  を得た。最適断面法は  $I$ - $\text{SDIM}$  関係曲線より求められるが、ここでは紙面の都合上省略する。

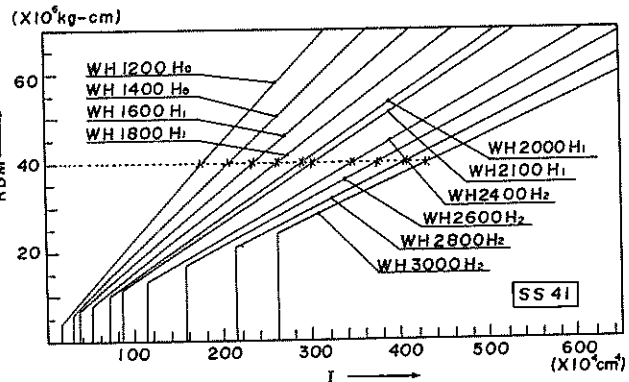


図-5 I-RBM 関係曲線

なお本研究は昭和48年度の文部省科学研究費により行なった研究の一部であり、計算は大阪大学および九州大学の計算機センターにおいて行なったものである。

3) 奥村敏也, 大々原誠二: "Suboptimizationによる鋼造桁の最適設計", 土木学会論文報告集第215号, PP. 1-14, 昭和48年7月。