

I-170 等断面桁の最適設計図表

愛媛大学工学部 正員 大久保 禎二

1. まえがき 著者は、さきにSLP法および枝払い法を用いて、板厚が整数値（離散値）をとり製作費を最小とする桁断面の最適設計法を発表したが、²⁾ここではこの方法により求めた種々の鋼種および桁高の最適解の結果を用いて、全支間にわたって等断面を有する単純桁および連続桁の最適設計がきわめて容易に行なえることを示すものである。

2. 桁断面の最適設計 鋼桁断面として図-1に示すようなI型断面を考慮し、道路橋示方書（昭和48年2月）の制約条件および板厚をJIS G 3193（1970年改正）に規定されている板厚より選択する条件を考慮してSS41, SM50, SM58の種々の桁高（WH）について桁の製作費を最小とする最適設計を行なった。この場合、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が増加するので、桁断面の最小製作費を求めるためには水平補剛材の数も重要な設計変数となり、各桁高、鋼種について水平補剛材を有しない場合： H_0 、1本有する場合： H_1 、2本有する場合： H_2 の結果を比較し最適は水平補剛材の数を決定した。また水平および垂直補剛材の剛度（寸法）の決定には垂直補剛材の間隔（A）を仮定する必要がある、ここでは H_0, H_1, H_2 に対してそれぞれ $A/WH = 0.7, 0.65, 0.60$ と仮定した。

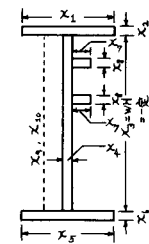


図-1 I型断面

桁の製作費は鋼道路橋原価計算表³⁾（昭和47年度版）を参考にして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、鋼材費はベース仕格、規格料、エキストラを考慮し各鋼板毎に単価を算定した。（歩留として11%考慮）また製作加工費は、溶接工程以外の加工費については 1cm 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3)を参照して次式より求めた。

$$H = L(1 + 0.18 \text{ } wL/w) \text{ (時間)}$$

ここにL：脚長6mm換算総溶接延長(m), W：全鋼重, wL ：予熱を必要とする鋼材重量であり、SS41よりSM50, SM58となるにしたがい wL は多くなる。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。

上記の設計変数、制約条件および目的関数を考慮し、SLP法および枝払い法により種々の作用モーメント、桁高および鋼種の組合せについて最適設計を行なった。その結果、各鋼種とも桁高の低い範囲では H_0 が最小製作費を与えるが、桁高が大きくなるにしたがって H_1 、さらに H_2 が最小製作費を与えている。各鋼種の各桁高における最適水平補剛材数を表-1に示す。また一例としてSM50の各桁高に対する断面二次モーメント(I)——最小製作費(COST), 断面二次モーメント(I)——最大抵抗曲げモーメント(RBM)図をそれぞれ図-2および図-3に示す。I-COST関係曲線が多く点で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…… t などのように離散的に変化する所でフランジ材の単価および $t_2 \geq S \geq \sqrt{2}t_2$ と規定されるスミ肉溶接のサイズが大きく変化し、溶接量が多くなり製作費が不連続に変化していることを示すものである。

3. 等断面桁の最適設計図表 上で求めたI-RBM, I-COST関係曲線を利用して、全支間にわたって等断面を有する単純桁および連続桁の最適設計を次の要領できわめて容易に行なうことができる。すなわち、

① 桁に作用する最大曲げモーメントを求める。② I-RBM関係曲線より各桁高に対して必要とする最適はIを求める。（RBM=最大曲げモーメントとして水平線を引き、各桁高の関係曲線との交点のIを求める。）③ たわみ制限がある場合には桁高に關係なく最小必要なIを計算することができるので、これ以下のIについて考慮し

	SS41	SM50	SM58
H_0	1500 以下	1300 以下	1200 以下
H_1	1600 2200	1400 2000	1300 1800
H_2	2300 以上	2100 以上	1900 以上

表-1 (単位mm)

ない。④ I-COST 関係曲線を用いて②および③で求めた各桁高のIにおけるCOSTを求めれば、これが各桁高における最小製作費(円/cm)を与える。⑤ 各鋼種について④で求めた最小製作費を与える桁高の製作費を比較することにより、最適は使用鋼種および桁高を決定することができる。⑥ I-最適断面寸法(SDIM)関係曲線より⑤で決定した鋼種および桁高の最適断面寸法を求める。

例として図-4に示す2径間連続桁の最適設計を行なった結果をつぎに示す。

この例では桁に作用する最大曲げモーメントは256^{t-m}であり、図-2および3より求めた各桁高における最小製作費は図-5のごとくになり、各鋼種の最適桁高および最小製作費を表-2に示す。したがって全体的な最小製作費を与える最適鋼種はSM50、最適桁高は1700^{mm}、最適断面寸法は、SM50のI-最適断面寸法(SDIM)関係曲線より $x_1=356.8$ $x_2=16.0$ $x_3=1700.0$ $x_4=8.0$ $x_5=406.2$ $x_6=14.0$ $x_7=83.3$ $x_8=8.0$ $x_9=106.7$ $x_{10}=8.0$

(単位^{mm})、桁全長の最小製作費は437^{円/cm}×(2500×2)^{cm}=2,185,000^円とさきわめて容易に決定することができる。

なお図-5の各鋼種の各桁高における最小製作費が、大局的には一つの凹型の変化を示しつつも局所的にはスムーズな変化を示さず段階的に変化しているのは、先にのべた使用可能板厚の離散性に起因するものであるが、特に注意すべきことはSS41, SM50のWH=2200^{mm}にみられるように局所的な最適解が存在することであり、桁高WH= x_3 をも $x_1, x_2, x_4, \dots, x_8$ と同時に設計変数として考慮し最適解を求める方法においては最適解の決定にあたって十分注意する必要がある。

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ることを付記する。

- 1) 大久保 義二「鋼桁断面の最適設計図表」土木学会中四国支部第26回学術講演会報告集, PP. 20~21, 昭和49年5月。
- 2) 大久保 義二, 飯田 隆司「桁断面の最適設計法に関する研究」土木学会中四国支部第24回学術講演会報告集, PP. 29~32, 昭和47年5月。
- 3) 日本橋梁建設協会, 鉄骨橋梁協会共編「鋼道路橋原価計算表」(昭和47年度版)。

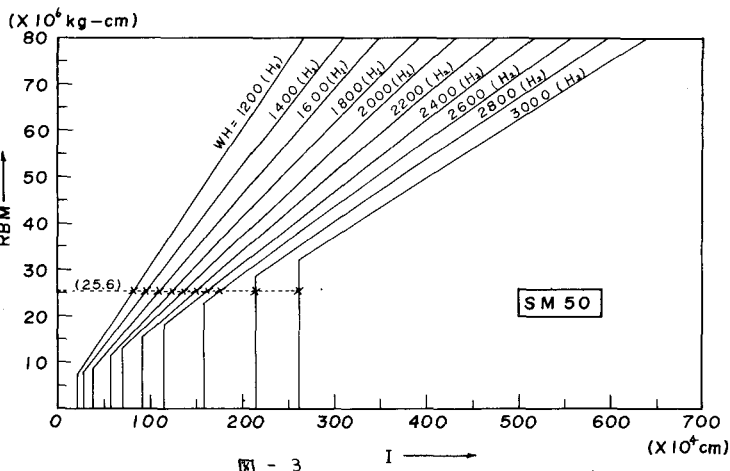
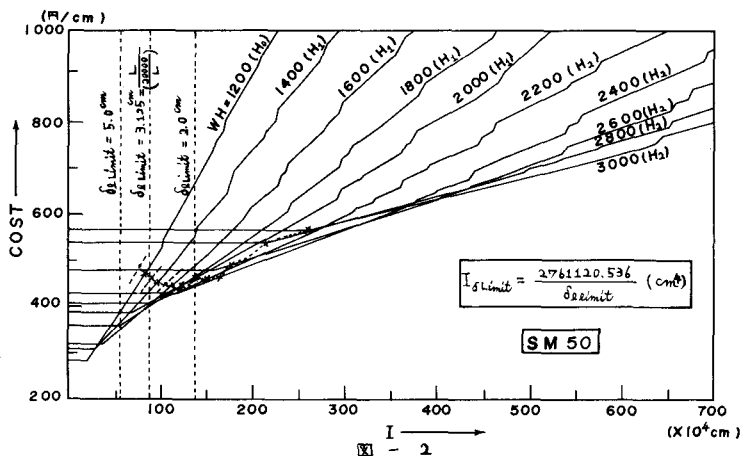


図-3

鋼種	最適桁高	最小製作費
SS41	2000 ^{mm}	456 ^(円/cm)
SM50	1700 ^{mm}	437 ^(円/cm)
SM58	1500 ^{mm}	441 ^(円/cm)

表-2

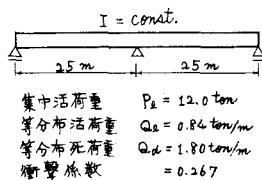


図-4

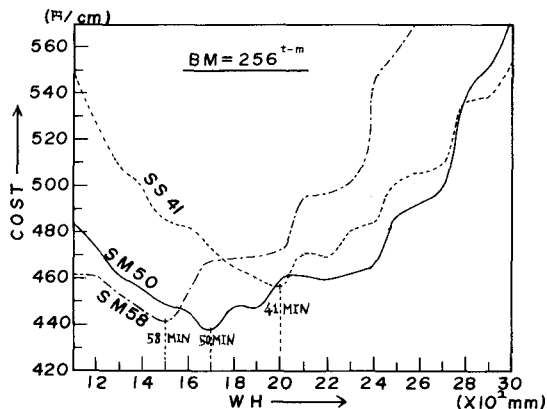


図-5