

京都大学工学部 正員 山田 善一
(株)春本鉄工所 正員 O大宮司 尚

1. まえがき

本研究では、鋼床版の輪荷重解析には有限帯板法を、また、最適化のための非線形計画法にはPowellの直接探索法によるSUMTを用いて最適設計を行った。鋼床版の応力は、横桁間隔一定のもとでは、主として横桁の曲げ剛性によって変動するので、着目点の応力や変位を、横桁断面二次モーメントの関数で表わすことによって、計算時間の大幅な短縮を可能とした。

2. 定式化

(1) 設計変数

図.1は鋼床版の断面寸法である。図.2は床組の配置であり、横桁本数と、横桁フランジ面積 A_x 、横桁ウェブ高 H_x を設計変数とした。

(2) 制約条件および修正目的関数

輪荷重の載荷配置は図.3に示すように考えた。各横桁間は自動的に4等分割され、横桁本数が偶数と奇数の場合とに分け、着目点の位置と載荷位置を自動的に決定できるようにした。活荷重たわみの制限は、横桁については横桁支間の $1/500$ 以内、たわみについては縦リブの横桁からの相対たわみが縦リブ支間の $1/500$ 以内となるように考えた。図.4は初期設計変数によって決定される横桁の曲げ剛性を10%ずつ減じていったときの着目点の曲げモーメントを有限帯板法で求めてプロットしたものである。図.4でわかるように、あらかじめ横桁の断面二次モーメントに関する断面力や変位を有限帯板法で求めておけば、設計変数の変化に対応した断面力(M_{Rx} , M_{Tx})や変位(δ_{Rx} , δ_{Tx})は直線で補間して近似的に求めることができる。したがって、縦リブの下フランジの断面係数を Z_{RL} 、横桁下フランジの断面係数を Z_{TL} 、縦リブ支間 L_n 、横桁支間 L_x 、縦リブの許容応力を 1400 kg/cm^2 、横桁の許容応力を 1900 kg/cm^2 とすると、制約条件式は次式で表わされる。

$$g_1(x) = \frac{1400 \cdot Z_{RL}}{M_{Rx}} - 1 \geq 0 \quad (1)$$

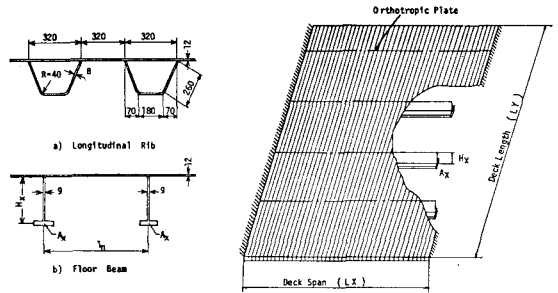


図.1 鋼床版の断面寸法

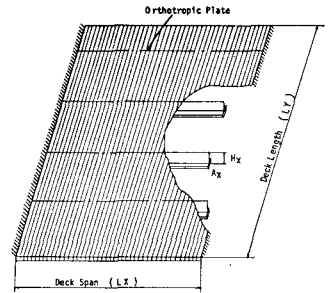


図.2 鋼床板床組の配置

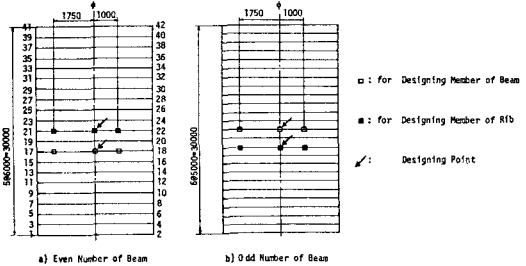


図.3 鋼床板の輪荷重配置

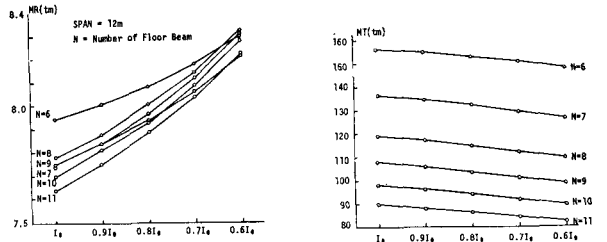


図.4 横桁断面二次モーメントと着目点曲げモーメントの関係

$$g_2(x) = \frac{1900 \cdot \delta_{TL}}{M_{TX}} - 1 \geq 0 \quad (2)$$

$$g_3(x) = -\frac{Lx}{500 \cdot \delta_{TX}} - 1 \geq 0 \quad (3)$$

$$g_4(x) = \frac{L_n}{500 \cdot \delta_{RX}} - 1 \geq 0 \quad (4)$$

ここで、それぞれ式(1)は縦リブ応力、(2)は横桁応力、(3)は横桁たわみ、(4)は縦リブたわみに関する制約である。これらの式を用いて修正目的関数は次式で表わされる。

$$f(x, r_k) = NT \cdot (A_x + 0.009 H_x) \cdot Lx \cdot 7850 \\ + r_k \sum_{i=1}^4 \frac{1}{g_i(x)} \quad (5)$$

3. 数値計算結果

鋼床版の一般寸法および輪荷重の橋軸直角方向配置を図5に示す。鋼床板支間は4.8m～16mまで7ケースについて、橋軸方向の長さ30mの部分を取り出し、横桁本数を6本から11本まで変化させ、それらの横桁が等間隔で並べられるときの最適横桁断面を決定し、横桁の総重量を比較して最適横桁間隔を決定した。図6は最適設計プログラムのフローチャートである。図7は各ケース、各横桁本数ごとの最小鋼重をプロットしたものである。

4. 考察

本研究における結論としては次のことがあげられる。

- (1) 例題で用いた逆梯形型閉断面リブを有する鋼床板では、横桁間隔3m～6mの範囲では、横桁間隔を大きくするほど経済的な設計となる。
- (2) 鋼床版の支間が広くなると、横桁本数の増加にともなう鋼重の増加は著しくなる。
- (3) 支間の大きい鋼床版では、横桁本数の増加につれて、縦リブの全体変位は増大し、縦リブ応力も増加する。
- (4) IBM360-65を用いて、1ケースの最適設計に要する時間は約40秒であった。

5. あとがき

直接探索法を用いたSUMTで最適設計を行う場合、制約条件式を簡単な式で近似できれば、設計変数の数が少く増加しても計算時間は長くかからない。したがって、連続桁、格子桁アーチ橋、斜張橋などの断面力や変位等部材の剛比の関数として近似できれば、最適設計を経済的に行うことが可能となるであろう。このような問題についても目下研究を続けている。

おわりに有限帯板法について適切な助言をいただいた京都大学助教授横渡辺英一氏、ならびに、SUMTのプログラムで協力いただいた京都大学大学院博士課程在学中の古川浩平氏に感謝します。

参考文献 山田善一、大宮司尚； Finite Strip Method による

任意支持鋼床版の解析、橋梁と基礎、Vol. 8、P6～P13 No.5 1974.

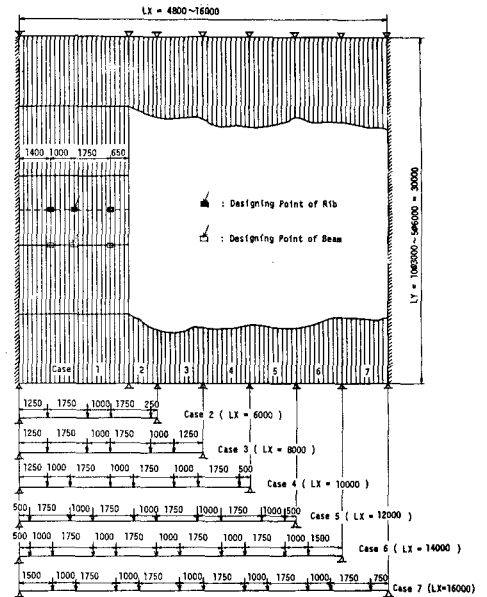


図5 鋼床版の一般寸法および輪荷重配置

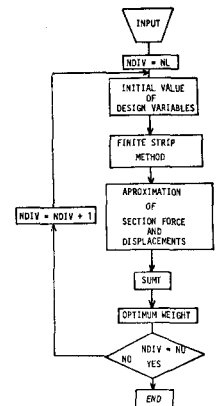


図6 最適設計の

フローチャート

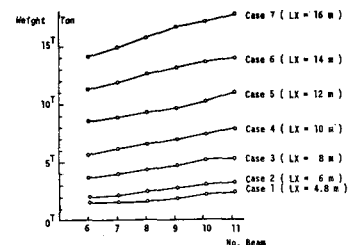


図7 最適設計結果