

1. まえがき 道路橋示方書（以下道示）では、床版が3本以上の桁で支持され、支間が l mをこえるプレートガーダー橋には、剛な荷重分配横桁を設置することを規定している。これは、支持桁間の不等沈下による床版への付加曲げモーメントの影響を少なくするためである。剛な荷重分配横桁とは、格子桁の荷重分配率と格子剛度の関係より、格子剛度が l より大きくなる桁としている。しかし、不等沈下による床版への付加曲げモーメントには、各支持桁の剛性、支間長、支持桁間隔等が微妙に影響し、格子剛度に関する規定のみでは不十分でないと思われる。

そこで本報告では、床版への付加曲げモーメントを床版の設計モーメントに加えて、床版-鋼桁系の最適設計を行い、その結果より、荷重分配横桁に関する道示の規定、および設計法について検討した。同様な考え方で、すでに、合成桁¹⁾、支持桁間の剛性が著しく異なるプレートガーダー橋²⁾について行っているが、本報告では、主桁3本のプレートガーダー橋を対象としている。

2. 構造モデル及び解析 本報告で設計の対象としている構造モデル及び構造解析法を以下に説明する。

2-1 プレートガーダー橋：本報告で設計の対象としたプレートガーダー橋は、図-1に示す、3主桁、1横桁の上路橋であり、床版は鉄筋コンクリートである。主桁は、中、外桁とも、それぞれの部材長が $L/8$ の変断面桁であり、部材番号を図-1に示した。

2-2 構造解析：荷重分配率、相対変位量を求める計算は、図-1を格子桁（40部材、27節点）と考える変位法によった。床版も荷重分配作用を分担すると考え、支間を8等分しそれぞれを横桁とした。主桁、横桁のねじり剛性は無視した。

荷重系を図-2に示した。○印の位置にそれぞれ集中荷重が載荷される。(a)は荷重分配率を求めるための荷重で、(1)、(2)にそれぞれ単位荷重を載荷する。(b)、(c)は、相対変位量を求めるための荷重（T荷重）である。相対変位量は、 $L/4$ 、 $L/2$ の2点で求めているので、それぞれに後輪荷重が載るように、また、支間直角方向では、1後輪荷重が主桁間隔の中央に載るように考慮した。変位法による解析では、それぞれの輪荷重を近傍の節点に比例配分している。

このようにして得られた不等沈下量より、支持桁間の中央で付加曲げモーメントを計算した²⁾。

3. 最適設計 本報告の最適設計は、図-1に示す9部材の断面を決定するわけであるが、各断面は、図-3に示すように、上下・左右対称断面とする。その結果、設計変数は、各断面のフランジ幅および主桁腹板高となる。板厚は、次式で計算されるものとする。

$$\text{腹板厚} : t^w = \max(0.9, h/k)$$

$$\text{フランジ板厚} : t = \max(0.9, 1.2 \cdot (b - t^w) / 32) \quad (\text{cm})$$

上式において、 k は、腹板に水平補剛材が1本ある場合の最小腹板厚を求める常数で、各鋼材毎に道示に規定されている。

横桁腹板高、床版厚および主桁の鋼材は、パラメーターとして与えて検討した。

3-1 制約条件式：制約条件式は、道示により以下になる。

$$(\text{主桁}) \quad b_1 \geq \max(20, 0.2 \cdot h_g) \quad (\text{cm})$$

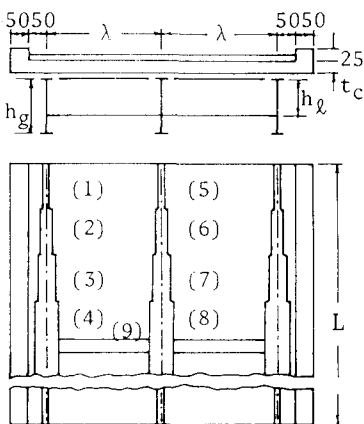


図-1 プレートガーダー橋

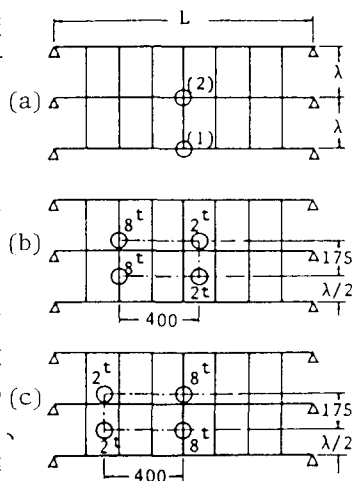


図-2 荷重系

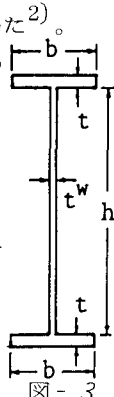


図-3

$$\begin{aligned} \sigma_1 &\leq \sigma_{ca,1} \\ \delta_g^1 &\leq \delta_a, \quad \delta_g^2 \leq \delta_a \\ \text{(横桁)} \quad b_g &\geq \max(20, 0.2 \cdot h_g) \quad (\text{cm}) \\ \sigma_9^+ &\leq \sigma_{ca,9}, \quad \sigma_9^- \leq \sigma_{ca,9} \end{aligned} \quad \left\{ (i=1 \sim 8) \right.$$

以上で、 σ_i ($i = 1 \sim 8$) : 主桁 i 部材の下フランジ応力度、 $\sigma_{ca,i}$: 部材の許容曲げ引張、圧縮応力度、 δ_g^1, δ_g^2 : 外桁、中桁の支間中央の活荷重によるたわみ、 δ_a : 主桁のたわみ許容値、 σ_9^+, σ_9^- : 横桁のそれぞれ正負の曲げモーメントによる応力度。

3-2 目的関数 : 目的関数は、鋼桁の鋼材容積と床版の鉄筋量との和とするが、両者は材料費が異なるので、SM50の材料費に対する各材質の材料費の比を、各容積に乘じた換算容積の和を用いる。結局、目的関数は次式で定義される。

$$\begin{aligned} V_c = & \alpha_0 \cdot \left\{ \sum_{i=1}^4 (2 \cdot b_i \cdot t_i + t_i^w \cdot h_g) \cdot \frac{L}{2} + \sum_{i=5}^8 (2 \cdot b_i \cdot t_i + t_i^w \cdot h_g) \cdot \frac{L}{4} \right\} + \\ & \alpha_1 \cdot (2 \cdot b_g \cdot t_g + t_g^w \cdot h_g) \cdot 2 \cdot \lambda + \alpha_s \cdot 2 \cdot (\lambda + 100) \cdot A_s \cdot L \end{aligned}$$

上式において、 $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_s$ は、それぞれ主桁、横桁および鉄筋の鋼材の、SM50に対する材料費の比である。 A_s は単位幅当りの鉄筋量であり、道示に規定される床版の支間設計曲げモーメントに、不等沈下による付加曲げモーメントを加えた作用曲げモーメントにより計算²⁾される。

3-3 最適設計法 : 以上で定義された、9変数の最適設計問題 / 80 ケースを、SUMT で解いた。最適主桁腹板高は、5 cm 間隔で与える / 方向探索により求めた。その結果 b_4, b_8 以外はすべて全応力あるいは下限値で決定されたので、本報告の計算 (L, λ, t_c および h_g の各組合せ 480 ケース) は、 b_4, b_8 を 2 変数とする SUMT により求め、他の 7 変数は全応力設計により求めた。

4. 計算結果 以上より得られた計算結果の / 部を説明する。鋼材は、主桁が SM50 ($\alpha_0 = 1$)、横桁が SM41 ($\alpha_1 = 0.9$)、鉄筋が SD30、D19 ($\alpha_s = 0.85$) である。

図-4 は、総換算容積と横桁腹板高の関係である。 h_g がある程度より少なければ、 V_c はほとんど変化しないが、 h_g の減少に応じて V_c が若干減少している。図-5 は、格子剛度と横桁腹板高の関係である。格子剛度は、特定の値に関係なく、広い範囲に分布している。この図で、 Z が / 0 より少ない範囲の設計に、 $Z \geq / 0$ という制約条件を加えると、不経済な設計になることが予想される。/ 例として、 $L = / 6 \text{ m}$ 、 $\lambda = 3 \text{ m}$ 、 $t_c = 20 \text{ cm}$ のケースで、 $h_g \leq / 25 \text{ cm}$ の範囲に $Z \geq / 0$ なる条件を加え、9 変数の最適設計問題として解いた結果を図-6 に示す。その結果、(b) に示すように V_c が増加することがわかる。この増加量は、 Z が少ない値の範囲ではより大きくなる。 Z に関係なく安全な設計が可能であるから、この増加量は不必要である。

5. あとがき 荷重分配横桁は、支持桁間の不等沈下による悪影響を防ぐために設置されるが、本報告で検討した範囲では、 $Z \geq / 0$ なる条件は不適當であり、支持桁間隔、支間長に応じた値を定めるか、別の条件に改めるべきように思われる。さらに、腹板高の関係、付加モーメント等は、当日発表の予定である。本報告の研究は、昭和 55 年度文部省科研費の補助を受け、計算は北大の HITAC を用いた。

6. 参考文献 1) 、2) 杉本博之、北海道支部論文報告集、第 36 号および 37 号。

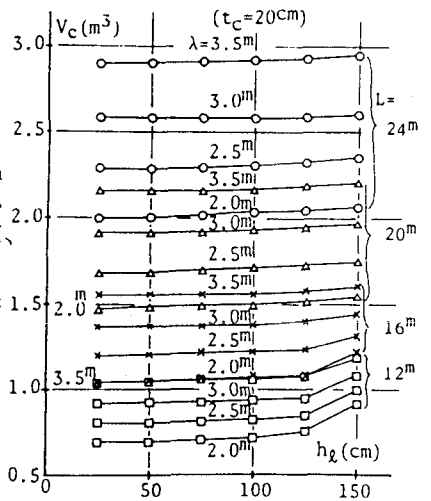


図-4 総換算容積と横桁腹板高

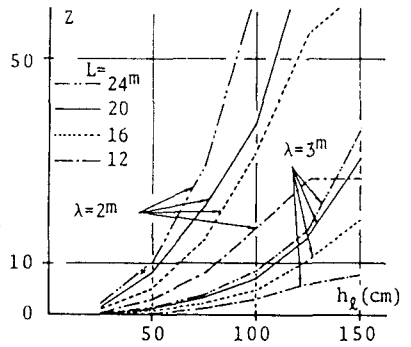


図-5 格子剛度と横桁腹板高

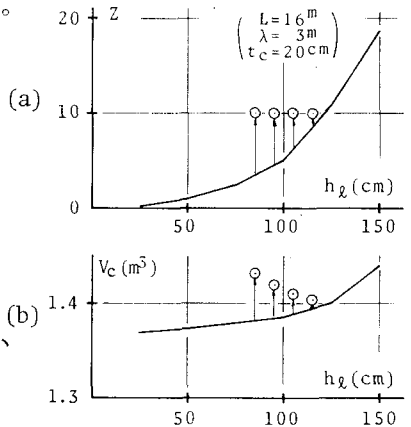


図-6 Z / 0 を加えた場合