

道路橋の縦桁および横桁の設計用 曲げモーメントについて*

米 沢 博

1. はしがき

著者は直交異方性板理論の桁橋構造への適用に関して、従来研究してきた^{1)~4)}。さらに、これらの研究結果に広範囲の計算を追加して、道路橋の床板あるいは主桁の設計用曲げモーメント公式を誘導した⁵⁾。ここでは、道路橋の縦桁および横桁の設計用曲げモーメント公式を誘導してみる。

道路橋の縦桁および横桁の設計計算に慣用されてきた計算法は、いずれも梁の理論によるものであった。これらのうち、縦桁の設計用曲げモーメントに対して、新しい鋼道路橋設計示方書案（昭 30）（以下新示方書と略称する）では、各縦桁と床板の協力作用を考えた解析結果にもとづいて⁶⁾、新しく規定しているが、なお疑問の点もあるように思われる。さらに、横桁の設計用曲げモーメントに対しては、合理的な設計公式はなんら誘導されていないようである。横桁に対しても、床板や縦桁などによる荷重分配が行われるのが当然で、この点を考慮した合理的な計算法が必要であると考えられる。

縦桁については、主としてトラス橋および下路プレートガーダー橋の縦桁を、横桁については、格子桁橋、PC桁橋、梯子形式桁橋の横桁を対象に考える。これらに対して、直交異方性板理論による広範囲な計算（ただし、 $H^2 = D_x D_y$ 、 $\nu = 0$ と仮定する）を行い、縦桁ならびに横桁の設計荷重あるいは集中荷重に近い一個の荷重に対する曲げモーメント公式を誘導し、さらにこれらの著者の公式と新示方書の公式あるいは慣用計算公式との比較を行ってみよう。

2. 縦桁の設計用曲げモーメント

縦桁は横桁上で連続するか、あるいは横桁で支持されており、また、横桁は主桁あるいは弦材によって支持されている。厳密には、これらのすべてと床板による荷重分担作用を考えるべきであろうが⁷⁾、それでは広範囲の計算を行うのに、非常に多くの手数を要する。ここでは、図-1に示すように、同一断面の縦桁が横桁上で単純支持され、外側縦桁より外側の片持床板の端辺を自由辺と考えて、直交異方性矩形板として解析する⁸⁾。

図-1の床組を、直交異方性矩形板とみなし、 $2b/l$ および D_x/D_y については、

$$2b/l = 1 \text{ で } D_x/D_y = 1.62, 4.07, 13.3$$

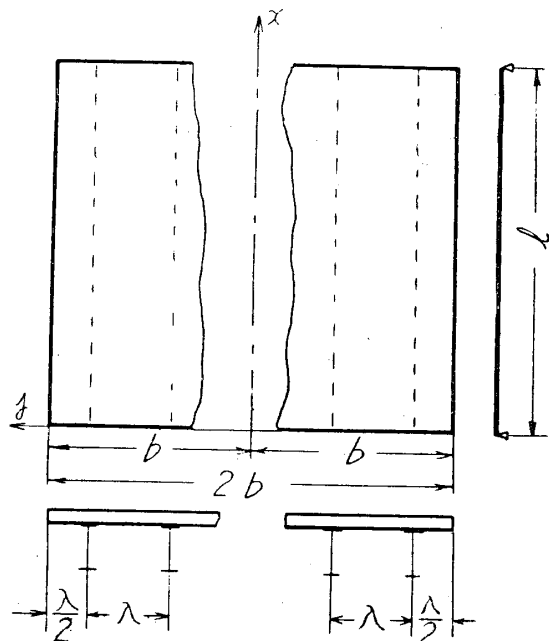


図-1

* 第七回工学会大会土木部全講演会（昭 31.5.27）にて発表

$2b/l=2$ で $D_x/D_y=2.63, 4.03, 13.3$

の場合を考え、 λ, l および縦桁の本数は

$\lambda=1\text{ m}, 1.5\text{ m}, 2\text{ m}, 2.5\text{ m}, 3\text{ m}$

$l=4\text{ m}\sim 10\text{ m}$

縦桁の数：3本、4本、5本

の場合を考えて計算した。

著者が若干の橋梁の床組について調べた結果では、上述の範囲内の計算を行えば、床組に対しては十分なことがわかった。

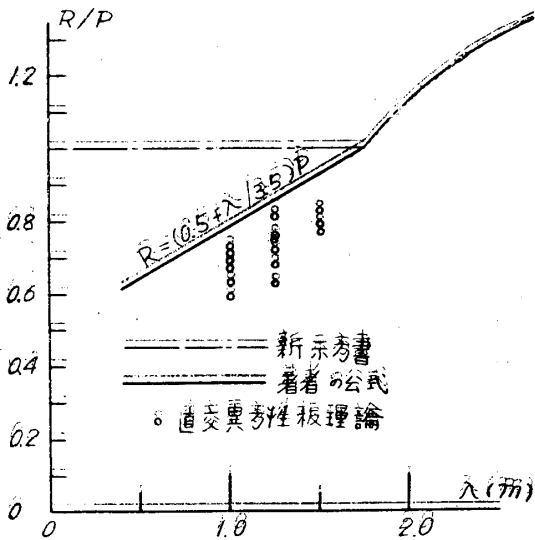


図-2, a 縁桁の反力係数 (一車線)

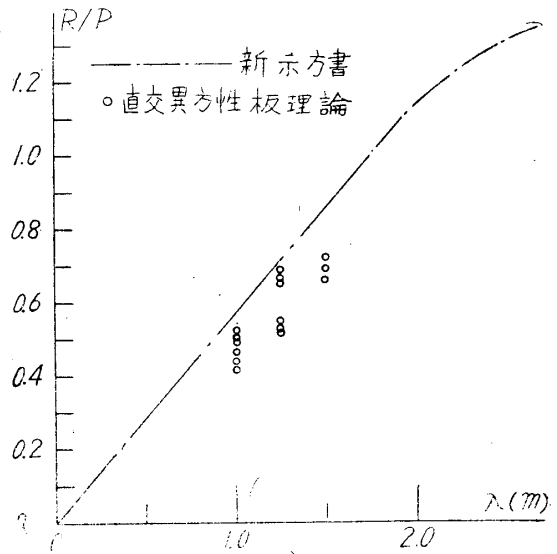


図-2, b 中桁の反力係数 (一車線)

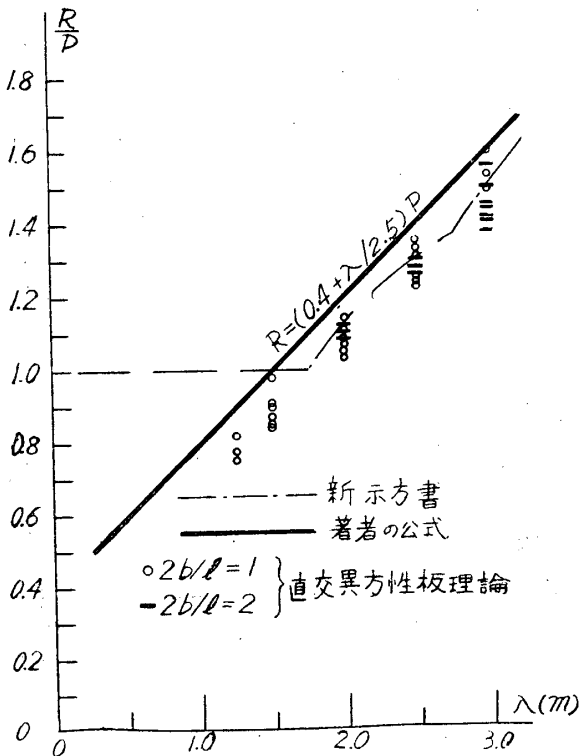


図-3, a 縁桁の反力係数 (二車線以上)

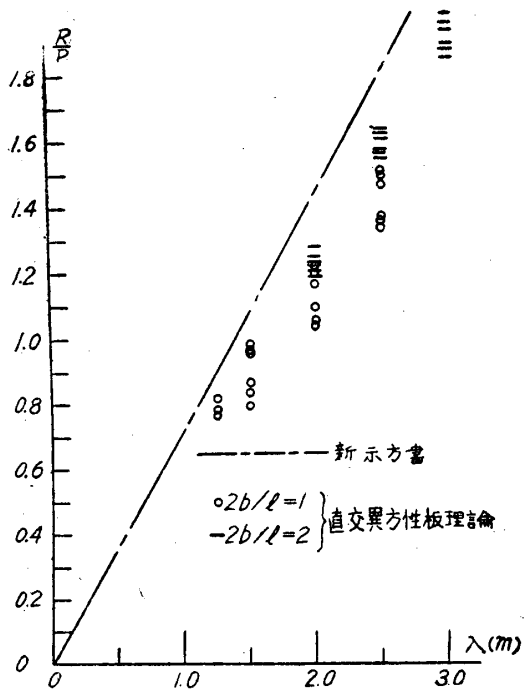


図-3, b 中桁の反力係数 (二車線以上)

縦桁のスパン中央断面上に、新示方書の規定ごおりの載荷法で自動車荷重を載せて、縁桁および中央桁のスパン中央断面の曲げモーメントを求め、これから逆に反力係数を計算する。この反力係数の値を、一車線と二車線以上の場合に分けて、図-2 (a),(b)、図-3, (a),(b)に示す。これらの図には、比較のため、新示方書の規定による反力係数を記入しておいた。

これらの図をみると、中央の縦桁では、新示方書の規定による反力係数が、直交異方性板理論による値よりわずかに安全側にあり、ほぼ両者が一致している。縁桁では、新示方書による反力係数は、直交異方性板理論による値よりも相当安全側にある場合と、危険側にある場合とにわかれる。これは新示方書では、外側縦桁に対して、床板を単純梁と仮定して算出した縦桁の反力をとるよう規定しているのだから、当然の結果であろう。このような規定は合理的であるとは思えない。

直交異方性板理論による結果をもとにして、縁桁に対する反力係数の公式を誘導すると、次のようになる。

a) 一車線の場合

$$R/P = 0.5 + \lambda/3.5 \quad \dots\dots\dots(1)$$

b) 二車線以上の場合

$$R/P = 0.4 + \lambda/2.5 \quad \dots\dots\dots(2)$$

ただし、 λ は縦桁の間隔(m)、 P は自動車の輪荷重、 R は P による縦桁の反力である。内側縦桁に対しては、新示方書の規定で十分であって、新しい公式の必要を認めない。

3. 横桁の設計用曲げモーメント

格子桁橋やPC桁橋の横桁は、従来のトラス橋やプレートガーダー橋の横桁とは意味が異なり、各主桁に荷重を分配する役目を有するものである。従って、設計計算も相当厳密かつ合理的なことを必要とし、単純梁理論ではその目的を達することはできない。また、梯子形式桁橋の横桁に対しては、単純梁理論による計算が一応慣用されているようであるが、この計算法は合理的であるとは考えられない。

以下、(a)格子桁橋およびPC桁橋、(b)梯子形式桁橋にわけて、それぞれの横桁の設計用曲げモーメント公式を誘導してみよう。

(a) 格子桁橋、PC桁橋の横桁の設計用曲げモーメント 図-4に示すような格子桁橋、あるいはPC桁橋において

$$l/2b = 1, 2, 4, 6$$

$$l = 8\text{m} \sim 30\text{m}$$

$$\lambda = 1.5\text{m}, 2\text{m}, 2.5\text{m}, 3\text{m}$$

主桁の数：4本、5本

のおのおの場合について、 $D_x/D_y = 1.1 \sim 10$ の間の種々な値をとって計算する⁴⁾。

横桁が主桁のスパン中央にあるものと仮定し、主桁のスパン中央断面上に、新示方書の規定ごおりの載荷法により自動車荷重を載せた場合の、横桁のスパン中央断面の曲げモーメント(M_y)を求めると、図-5のようになる。ただし、この場合は一本あるいは三本の横桁の場合を対象に

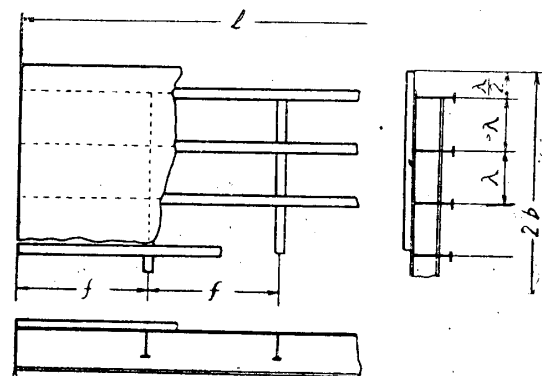


図-4

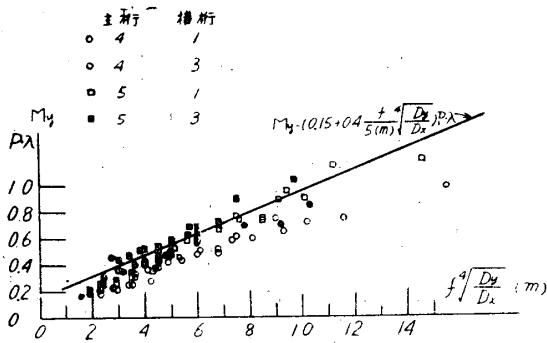


図-5 格子桁橋, PC桁橋の横桁に対する公式

し、一本の横桁で横桁間隔 f の間の m_y を分担するものとして計算した。この図-5をもとにして、横桁の設計用曲げモーメント公式を誘導すると、次のようになる。

$$M_y = (0.15 + 0.4 \frac{f^4}{5 \sqrt{D_x/D_y}}) P\lambda \dots\dots (3)$$

ただし、 P は自動車の後輪、 f は横桁間隔 (m)、 λ は主桁間隔である。

(b) 梯子形式桁橋の横桁の設計用曲げモーメント 図-6のような梯子形式桁橋に対して

$$l/2b = 2.5, 5$$

$$l = 15m, 20m, 25m, 30m, 40m, 50m$$

$$\lambda = 1m, 1.5m, 2m, 3m, 4m, 5m$$

のおおのの場合を計算する⁴⁾。

これらの場合に対し、 $D_x/D_y = 20 \sim 360$ の間の種々な値に対して、主桁のスパン中央に横桁があるものとし、新示方書の規定ごおりの載荷法により、横桁のスパン中央の曲げモーメント M_y を求めると、図-7のようになる。この図をもとにして、安全側の値になるよう M_y の公式を誘導すると、次のようになる。

$$M_y = 0.25 \sqrt{\frac{l}{\lambda} \cdot \frac{D_y}{D_x}} P\lambda \dots\dots (4)$$

ここで、 P は自動車後輪一輪である。

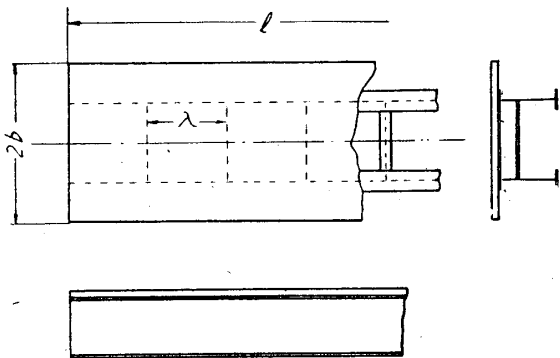


図-6

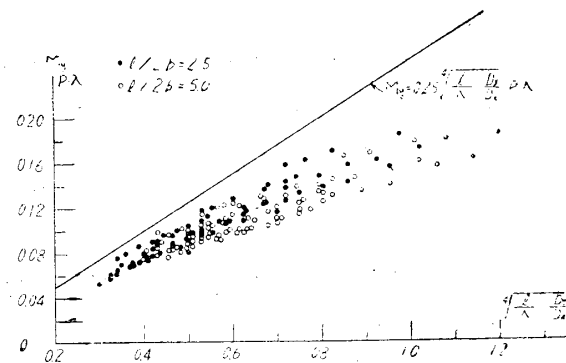


図-7 梯子形式桁橋の横桁に対する公式

4. 集中荷重に対する縦桁および横桁の曲げモーメント公式

以上に誘導した公式は、いずれも設計荷重が載った場合の曲げモーメントを与える公式である。

しかしわが国の現状としては、設計荷重よりも相当過大な重量を有する特殊な荷重の通過も起り得るわけである。このような荷重に対する既設橋梁の耐荷力の検討、あるいは、特にそのような荷重が通過する機会の多い道路に、新たに橋梁を架設する場合などの設計計算は、慣用計算が用をなさない次第である。この意味において、直交異方性板理論による計算は、その特長を大いに出し得るものであると考えられる。

異常に重い荷重が同時に多数通過するということは、まず考えられないから、ここでは一個だけ通過する場合を考える。また、このような荷重は相当な分布面積を有する場合も多いであろう。そのおのおの場合について分布面積を考えて計算することは、いたずらに複雑になるから、ここでは図-8に示すように、荷重が $2c$ の線上に分布するものとして、安全側の計算をする。

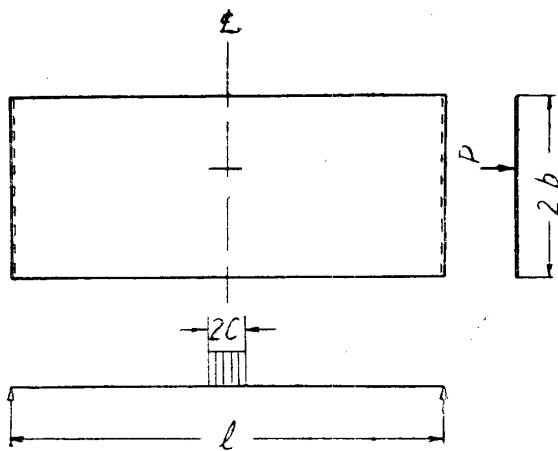


図-8

(a) 縦桁の曲げモーメント公式

$D_x/D_y=1.6\sim 13.3$, $2b/l=1, 2$ に対し, 桁数三本, 四本, 五本として, 中央桁あるいは縁桁のスパン中央に, $P=2cq(c/l=0.05)$ の荷重が載った場合を計算する。

スパン中央の曲げモーメントを $M_x=r \times (Pl/4)$ とし, 種々の $D_x/D_y, 2b/l$ に対して r を求めると, 図-9, 10 のようになる。この図をもとにして, r の公式を誘導すると, 次のようになる。

中央桁に対して

$$r = 0.3 + 0.2 \sqrt[4]{\frac{D_x}{D_y} \cdot \frac{2b}{l}} \dots\dots\dots(5)$$

縁桁に対して

$$r = 0.4 + 0.2 \sqrt[4]{\frac{D_x}{D_y} \cdot \frac{2b}{l}} \dots\dots\dots(6)$$

これらの公式は, トラス橋や下路プレートガーター橋の縦桁を対象に考えたもので, 上路プレートガーター橋の縦桁に対しては, 安全側の値を与える。

(b) 横桁の曲げモーメント公式

格子桁橋やPC桁橋の横桁を対象に考える。いま, $D_x/D_y=1.1\sim 9.8$, $l/2b=1, 2, 4, 6$ に対し, 横桁一本あるいは三本として, 横桁のスパン中央に $P=2cq(c/l=0.01)$ の荷重が載った場合の, 中央横桁一本あたりの曲げモーメント M_y を求めると, 図-11 のようになる。この図をもとにして, M_y の公式を誘導すると次のようになる。

$$M_y = 0.1 \sqrt[4]{\frac{D_y}{D_x} \left(\frac{l}{2b}\right)^2} \times P \cdot 2b \dots\dots(7)$$

この公式は主桁の数に関係なく誘導されたものであり, また横桁が二本以上の場合に適用すると, 安全側の値を得る。

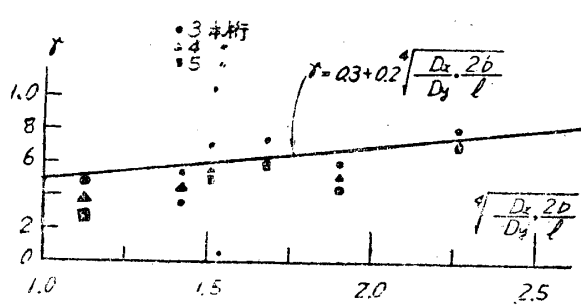


図-9 中央桁に対する r の公式

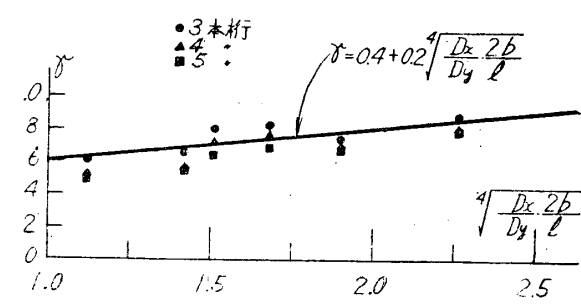


図-10 縁桁に対する r の公式

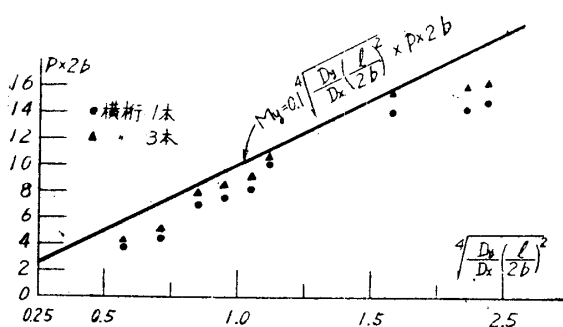


図-11 横桁の曲げモーメント公式

(c) 数値計算例による比較 縦桁に対しては、スパン 8 m, 有効幅員 8 m, $D_x/D_y=2$, 桁数四本として、桁直上を 20t の集中荷重が通過した場合の中央桁の曲げモーメントを、著者の公式 (5) および慣用計算法で計算したものを、表-1 に示す。著者の公式による曲げモーメントの値は、慣用計算法による値の約50%になっている。

つぎに、格子桁橋に対する例として、スパン20m, 幅員20m, $D_x/D_y=1.67$, 横桁三本の格子桁橋の中央横桁のスパン中央に 10t の荷重が載った場合を、著者の公式 (7) および格子桁理論により計算した値を表-1 に示す。著者の公式による値と、格子桁理論による値はよく一致している。

表-1 縦桁および横桁の数値計算例

	縦 桁	横 桁
D_y/D_x	2	1.67
慣用計算	40	—
著者の公式	21.5	17.5
格子理論	—	15.5

単位: $t-m$

5. 結 言

トラス橋, 下路プレートガーター橋の床組, 格子桁橋, PC桁橋, 梯子形式桁橋の横桁などを対象にして, 直交異方性板理論によって広範囲の計算を行い, 縦桁, 横桁に対して, 設計荷重あるいは特殊な荷重として集中荷重に近い荷重が載った場合の, 曲げモーメントの公式を誘導した。

公式(3)~(7)には, いずれも主桁と縦桁あるいは横桁との相関剛比や桁のスパンと幅員の比などが含まれており, これらの著者の公式による計算結果は, 慣用計算法による計算結果よりも, 合理的でかつ実情に即した曲げモーメントの値を与えるものと考えられる。

橋梁設計合理化の必要が痛感されている現在, 著者の研究がその一助となり得れば, 著者の幸とするところである。

参考文献その他

- 1) 米沢 博: 土木学会誌第39巻, 昭29, 38頁
- 2) 米沢 博: 土木学会誌第39巻, 昭29, 509頁
- 3) 成岡昌夫, 米沢 博: 土木学会誌第40巻, 昭30, 214頁
- 4) 米沢 博: 山口大学工学部学報第6巻, 昭30, 34頁
- 5) 米沢 博: 土木学会論文集第33号, 昭31, 39頁
- 6) 土木学会: 鋼橋設計示方書案とプレストレスト指針 (昭30)
- 7) このような解析の例としては 3), 4) を参照
- 8) 3)参照