

I — 5 格子桁の剛性評価に関する研究

北海道大学工学部 正 員 渡 辺 昇
 北海道大学工学部 正 員 佐 藤 浩 一
 北海道大学工学部 正 員 林 川 俊 郎
 北海道大学工学部 学 生 員 柳 原 優 登

1. 直交異方性板の剛性評価について

直交異方性板の曲げの微分方程式

$$B_x \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2H \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + B_y \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = p(x, y) \quad \dots \dots (1)$$

において B_x, B_y, H について従来、次のような剛性評価式がある。(図-1、図-2)

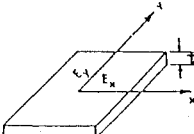
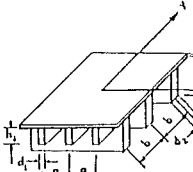
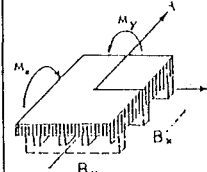
NATURALLY ORTHOTROPIC PLATE	TECHNICALLY ORTHOTROPIC PLATE	EQUIVALENT ORTHOTROPIC PLATE
		
$B_x = \frac{E_x t^3}{12(1-\nu_x \nu_y)}$ $B_y = \frac{E_y t^3}{12(1-\nu_x \nu_y)}$ $B_{xy} = \frac{G_{xy} t^3}{12}$ $H = \frac{1}{4} [B_x \nu_y + B_y \nu_x + B_{xy}]$	$B_x = \frac{E_x I_x}{b}$ $B_y = \frac{E_y I_y}{a}$ $B_{xy} = \frac{G}{3} \left(\frac{h_1 d_1^3}{a} + \frac{h_2 d_2^3}{b} \right)$ $H = \frac{E_x h^3}{12(1-\nu_x^2)} + B_{xy}$	$M_x = B_x \left(\frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + \nu \frac{\partial^3 w}{\partial y^3} \right)$ $M_y = B_y \left(\frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + \nu \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} \right)$ $M_{xy} = -2B_{xy} \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y}$

図-1

$$B_x = \frac{1}{b_x} \int E_x(i) z_i^3 dA_x = \frac{E_x \cdot I^3}{12(1-\mu_x \cdot \mu_y)}$$

$$B_y = \frac{1}{b_y} \int E_y(i) z_i^3 dA_y = \frac{E_y \cdot I^3}{12(1-\mu_x \cdot \mu_y)}$$

$$2H = G \frac{I^3}{3} + \frac{1}{b_x} \sum G_x T_x + \frac{1}{b_y} \sum G_y T_y$$

$$= \mu_y \cdot B_x + \mu_x B_y + 4C$$

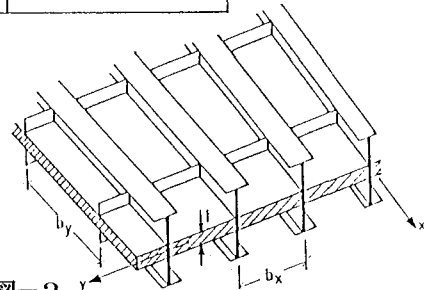
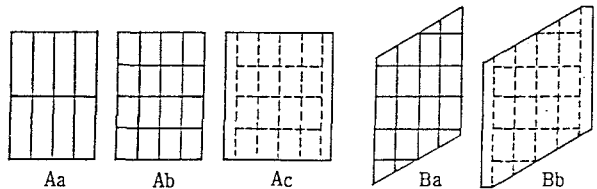


図-2

2. 実験方法と結果

供試体Aについて、まず、板のない状態 (Aa, Ab) でたわみを測定し、その後、板を溶接し (Ac)、たわみと歪を測定した。また、供試体Bについても、同様の実験を行った。

なお、実験結果は、図-4から図-10のとおりである。これらは集中荷重 $P = 1 \text{ ton}$



(a) 供試体A (b) 供試体B

あたりの たわみ δ および曲げモーメント M_x

図-3 供試体の種類

を表している。ここで、理論値は直角格子桁では、Cornelius理論と剛性マトリックス法 (FEM) の2種類、斜角格子桁では FEM のみにて計算した結果である。

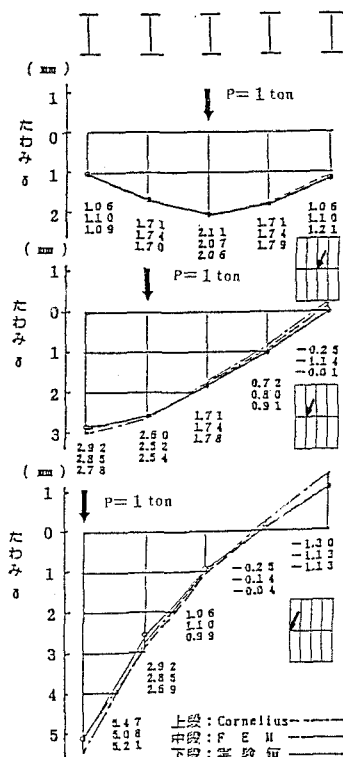


図-4 Aa のたわみ図

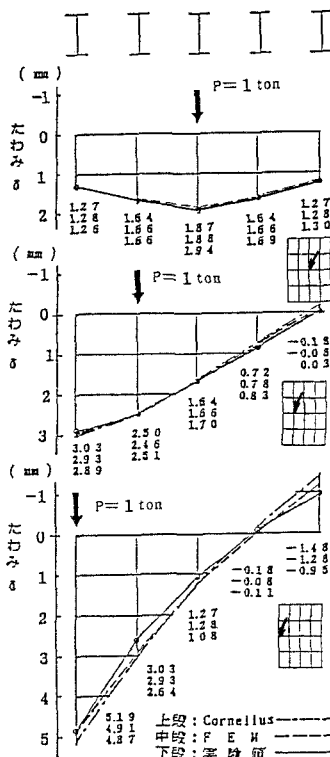


図-5 Ab のたわみ図

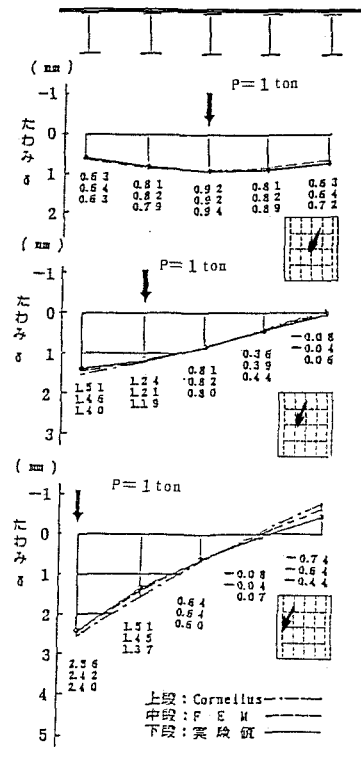


図-6 Ac のたわみ図

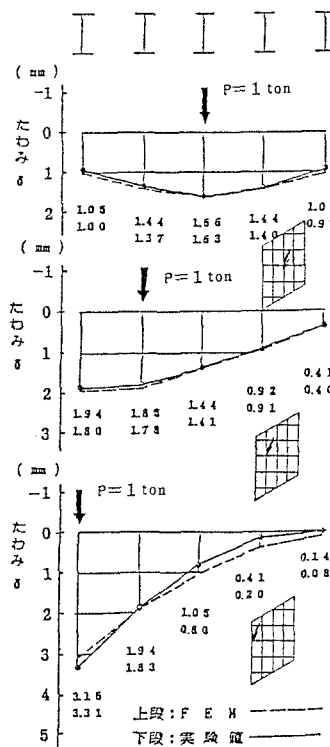


図-7 Ba のたわみ図

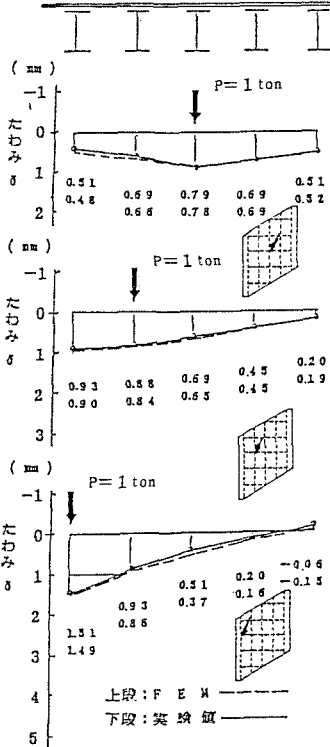


図-8 Bb のたわみ図

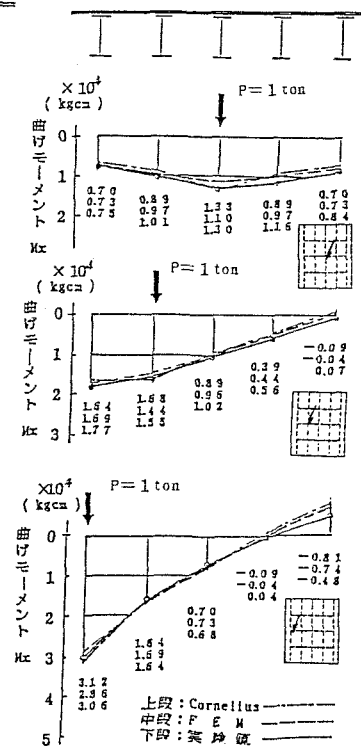
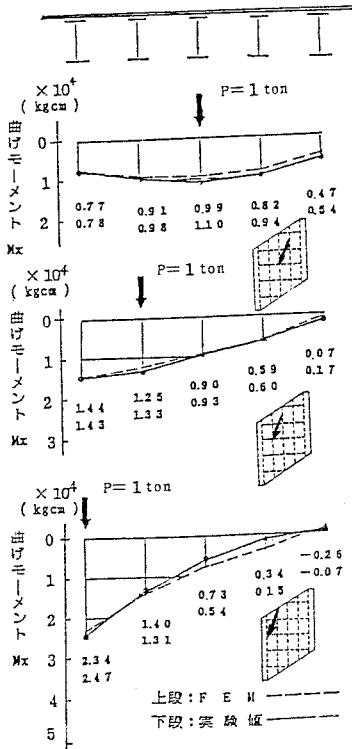


図-9 Ac の曲げモーメント図



図一 10 Bb の曲げモーメント図

図一 12 は Ac の中央点に $P = 3 \text{ ton}$ 荷したときの歪分布図であり、板の溶接後は中立軸が主桁では 3.2 cm 、横桁では 3.6 cm 上に移動する。よって、有効幅入は主桁では $\lambda_m = 19.8 \text{ cm}$ 、横桁では $\lambda_c = 27.8 \text{ cm}$ と算定された。この結果より、全断面有効つまり $\lambda_m = 20.0 \text{ cm}$ 、 $\lambda_c = 30.0 \text{ cm}$ とみなすことにする。また、斜角格子桁においても同様の結果がえられ、全断面有効とする。

3. 考察

図一 4 から図一 10 までの理論値の剛性評価式は次式を用いた。

x 方向の曲げ剛性 B_x

$$B_x = \frac{E I_x}{a}$$

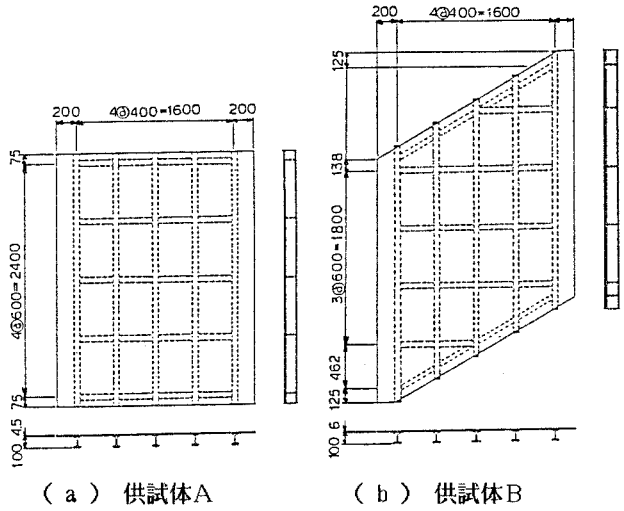
y 方向の曲げ剛性 B_y

$$B_y = \frac{E I_y}{b}$$

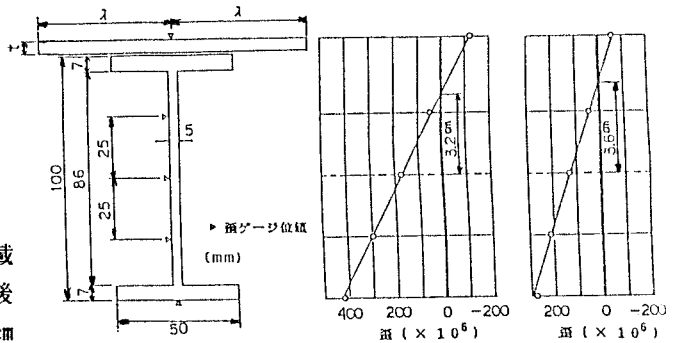
有効ねじり剛性 $2H$

$$2H = \frac{E t^3}{12(1-\nu^2)} + G \left(\frac{J_x}{a} + \frac{J_y}{b} \right) \quad \dots \dots (2)$$

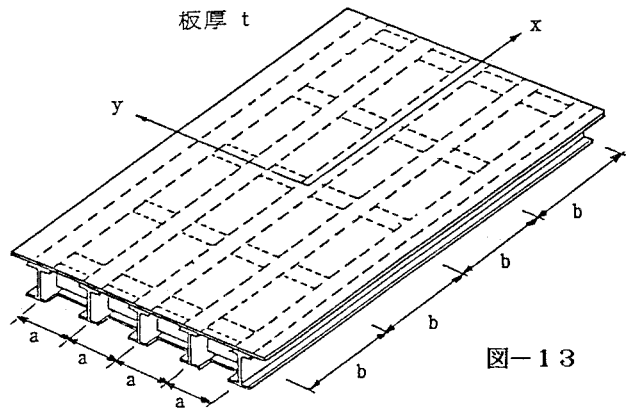
ここで I_x, I_y は主桁、横桁の断面二次モーメント、 J_x, J_y は主桁、横桁のねじり抵抗モーメント



図一 11 供試体寸法



図一 12 断面寸法および歪分布図



図一 13

理論値と実験値と比較して次の事がわかった。

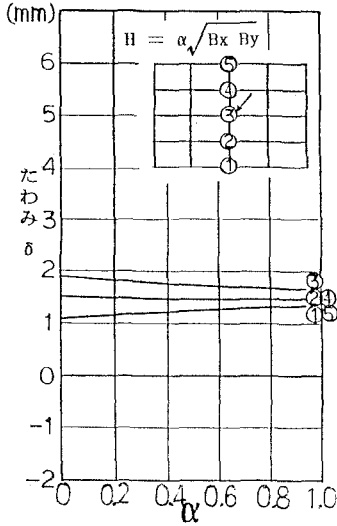


図-14

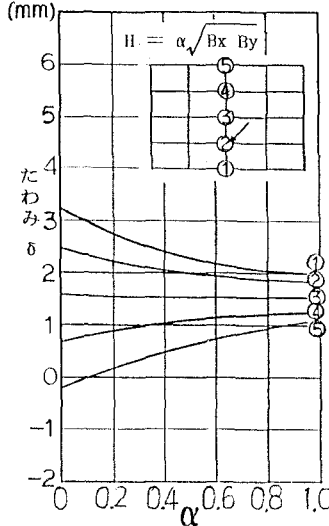


図-15

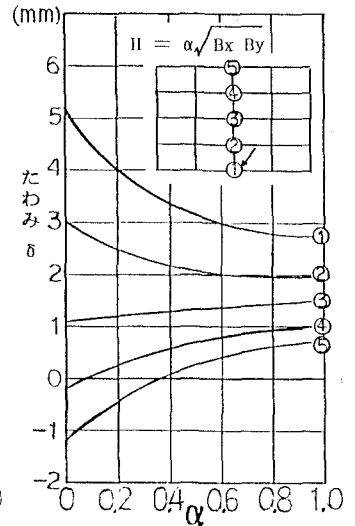


図-16

- 1) 剛性マトリックス法 (FEM) による解析値と実験値とよく一致した。ここで用いた剛性マトリックスは曲げねじり剛性を無視している。
- 2) Cornelius理論と実験値がよく一致した。つまり鋼材のみによる格子桁においてCornelius理論の有効性が確認され、合成床版を有する多主桁橋においても Cornelius理論の適用が可能と思われる。
- 3) B_x については、板が全断面有効として算定してもよいことがわかった。また、道路橋示方書 8.3.4 により $\lambda = 18.6\text{cm}$ と求まり、道路橋示方書の有効幅の式を用いてもよいことがわかった。
- 4) B_y については、板が全断面有効として算定してもよいことがわかった。
- 5) H については、式 (2) によって算定された値で十分であることがわかった。

図-14、図-15、図-16 は $H = \alpha\sqrt{B_x B_y}$ とおき α の値を変化させた時の格点のたわみ δ をCornelius理論で計算した結果である。これらの図からも H については式 (2) で算定してもよいことがわかった。

- 6) 斜角格子桁の剛性については、その格子桁において横桁を主桁に直交させる形式の場合、つまりこの構造を斜角直交異方性板とみなしたならば、直交異方性板の場合と同様に評価してよいと思われる。

(参考文献)

- 1) Cornelius, W. : Die Berechnung der ebene Flächentragwerke mit Hilfe der Theorie der orthogonal-anisotropen Platte, Der Stahlbau, Feb., 1952, Heft 2, pp.21~24, pp.43~48, Heft 3, pp.60~64.
- 2) Chu, K.H., and Krishnamoorthy, G. : Use of Orthotropic Plate Theory in Bridge Design, Proc. of ASCE, Vol.88, ST3, June, 1962, pp.35~77.