

東京大学工学部 正員 伊藤 孝
 大学院口学生員 友田純夫
 工学部 “ 宮崎藤夫

1 緒言

一般に曲げを受ける、薄肉板桁につき、そのフランジにおける応力分布及び、これに基づく有効中の算定に関しては、従来までに多くの研究、文献があるが、鋼床版、または鉄筋コンクリート床版をトラス桁で合成させる（ここでは仮に「床版トラス桁」と略記する）時の床版についての応力解析は特になされていまいようである。この問題につき、これまでの板桁の場合での結果がどの程度適用されるかを調べ、また妥当と思われる決定法を考察するため、既述の論文の結果など参照し、比較検討を行った。

2 解析方法

・これまでの、この種の問題に対する解析方法を踏襲し、以降、問題を次のように取扱う。すなわち
 (1) トラス桁と床版とは、切りはなして、両者の接合箇所における境界条件より応力状態を決定する。
 (2) 外力(載荷重)は、トラス桁で受けられるものとする。
 (3) 載荷重は、床版に、その荷重を分散して、ある局所的な応力分布を生ぜしめるが、これは考慮しない。さらに床版の変形(挠み)による応力は考へない。即ち、床版は「平板」としてよりは「メーヤベ」として取扱われる。まず断面及び座標系を図-1の如くにする。普通、床版は縦桁、横桁で補強されているので、板としてよりは「直交異方性板」として扱う方が、より正確なのであるが、それは又別の機会にゆづるとし、ここでは、(1)~(3)の仮定のように、ごく単純な場合に限る。すると板は「二次元応力状態」と考えて、その応力関数 $\varphi(x, y)$ は $\Delta^2 \varphi(x, y) = 0$ を満たすものにて、次の形にとる。

$$\varphi(x, y) = \sum A_n (e^{\alpha y} + B_n e^{-\alpha y} + C_n y e^{\alpha y} + D_n y e^{-\alpha y}) \sin \alpha x, (\alpha = 2n\pi/\ell) \quad (1)$$

①で $A_n \sim D_n$ は次の境界条件で決定する。

$$(a) \text{ 剪断応力 } \tau_{xy}|_{y=0} = 0 \quad (2)$$

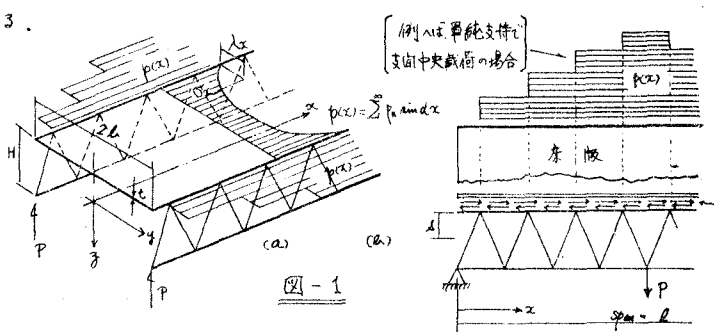
$$(b) \text{ y方向応力 } \sigma_y|_{y=0} = 0 \quad (3)$$

$$(c) \text{ y方向歪 } \nu|_{y=0} = 0 \quad (4)$$

$$(d) \text{ } E\epsilon_x|_{y=0} = \frac{1}{\ell}(P(x) - X) \quad (5)$$

(a)~(d)は板自体での境界条件、

(e)は桁(この場合工字桁)と板との接合線にて両者の歪が等しいと



いう条件である。但し X は床版と桁との接合線に沿って働く剪断応力 T による桁軸応力で $X = 2 \int_0^L \sigma_x dy$ 又 $P(x)$ は外力により上弦材に生じている応力(例へば図-1(a))である。尤も T が上弦材に働くとき、これは当然トラスの重心より離れた箇所に働くので、トラスには $X \cdot d$ (d は重心より T の距離)なる曲げモーメントが働く筈であるが、外力(載荷)による曲げモーメントに比し少ないので省く。以上の条件より

$$\textcircled{a} \text{ から } -\alpha(1-B_n) + C_n + D_n = 0 \quad (6), \textcircled{b} \text{ より } e^{\beta} + B_n e^{\beta} + C_n \beta e^{\beta} + D_n \beta e^{\beta} = 0 \quad (7) \quad \text{但し } \beta = 2n\pi h/\ell = d \cdot \alpha$$

$$\textcircled{c} \text{ から } -d(1+\mu)(1-B_n) + C_n(1-\mu) + D_n(1+\mu) = 0 \quad (8) \quad \textcircled{d} \text{ より } A_n = P_n / f(\beta) \left(P(x) = \sum P_n \sin \alpha x \right) \quad (9)$$

$$f(\beta) = [d\{d(1+m)e^{\beta} + t(1-e^{\beta})\} + B_n\{td(e^{\beta}-1) + d^2(1+m)e^{\beta}\} + D_n\{t\{(1+\beta)e^{\beta}-1\} + d\{(1+m)\beta+2\}\}]$$

$$\textcircled{2} \textcircled{3} \textcircled{4} \textcircled{5} \textcircled{6} \textcircled{7} \quad B_n = 1 + (1+e^{\beta})/(\beta e^{\beta}-1), \quad C_n = 0, \quad D_n = -d(1+e^{\beta})/(\beta e^{\beta}-1) \quad \text{---} \textcircled{8} \quad \text{と} \quad A_n$$

$$B_n, C_n, D_n \text{の値が決ったから、従って} \quad \sigma_x = \sum A_n (d e^{\alpha y} + B_n d e^{\alpha y} + D_n (2+d y) e^{\alpha y}) d \sin dx \quad \text{---} \textcircled{9}$$

$$\sigma_y = -\sum A_n (e^{\alpha y} + B_n e^{\alpha y} + D_n y e^{\alpha y}) d^2 \sin dx \quad \text{---} \textcircled{10} \quad \text{板厚} t \text{が一定なら、有効中} \quad \lambda_x = \int_0^b \sigma_x dy / \sigma_x|_{y=b}$$

$$\lambda_x = f_1(x, b) / f_2(x, b) \quad \text{---} \textcircled{11}, \quad \text{但し} \quad f_1(x, b) = \sum A_n \{ (1-e^{\beta})d - B_n d(1-e^{\beta}) - D_n (1+(\beta+1)e^{\beta}) \} \sin dx \quad \text{又} \quad f_2(x, b) = \sum A_n (d e^{\beta} + B_n d e^{\beta} + D_n (2+\beta) e^{\beta}) d \sin dx, \text{等と計算される。しかしこのような計算は非常に}$$

複雑であり、級数の項を多く採る必要のある時、すなわち $p(x)$ として収束の遅いものを入れると困難である。

そこで今少し簡単にして、床版のうちの何割($\lambda_x b$)のバトラス材と協力するものとして、そのような(床版の一部の附加した)弦材に対し、応力 $p(x)$ を計算すれば、元へ帰って床版はその両側に $p(x)$ なる荷重の働く「ニヤイバ」と看做せる。(図-1(a))、この協力の程度から床版における応力分布を決めてゆくもので、手順としては、まず床版が100%(又は%)弦材に協力するとして、応力関数を決め、これより有効中 λ_x が計算出来たら、今度はこの λ_x なる板中が弦材に協力するものとして再び応力関数→有効中の計算を行う。この操作を繰返す。

$2b/l$ (床版中/支間) $< 1/10$ なら大体 $\lambda_x = 100\%$ になると思われるので、繰返し回数も比較的少なくて済む。さて応力関数としては⑩のかわりに $p(x, y) = \sum (A_n' \cosh dy + B_n' y \sinh dy) \sin dx$ --- ⑪

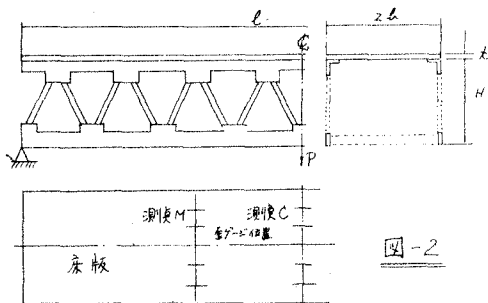
とし A_n', B_n' は (a) $\sigma_x|_{y=b} = p(x)$ --- ⑫, (b) $\sigma_y|_{y=b} = 0$ --- ⑬ より決めると次のようになる。

$$A_n' = -b p_n \tanh \beta / 2d \cosh \beta, \quad B_n' = p_n / 2d \cosh \beta \quad \text{---} \textcircled{13} \text{より} \quad \sigma_x = \sum [d A_n' \cosh dy + B_n' 2d \cosh dy + d y \sinh dy] d \sin dx \quad \text{---} \textcircled{14}$$

$$\sigma_y = -\sum (A_n' \sinh dy + B_n' y \cosh dy) d^2 \sin dx \quad \text{---} \textcircled{15}, \quad \lambda_x = \sum \frac{\cosh \beta}{2d} \cdot p_n \sin dx / p(x) \quad \text{---} \textcircled{16} \quad \text{この場合} \lambda_x \text{の計算は比較的簡単で済む。} \lambda_x|_{100\%} = \lambda_x|_{\text{計算}} \text{となるまで計算を繰返す必要があるが面倒である。いずれにせよ、} p(x) = \sum_{n=1}^{\infty} p_n \sin dx \text{のフーリエ近似が項数} n \text{が十分大でないとよくないので上記の計算は全て計算機で行った。}$$

$$3. \text{実験概要}$$

表-1	
支間	$l = 113.6 \text{ cm}$
巾	$2b = 18.0 "$
桁高	$H = 13.0 "$
床版:	$l \times 2b \times t = 113.6 \times 18.0 \times 0.08$
トラス弦材断面積(土)	$F_0 = 0.3916 \text{ cm}^2$ (円形)
"	(F) $F_0 = 0.2830 "$ (矩形)
斜材	$F = 0.1460 "$ ("



実験は図-2の如き8パネル、ワ-レ-ン型トラス材を使用した。寸法等は表-1に示す。なお材料は真鍮で、ヤング率 $E = 1.03 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$, ポアソン比 $\mu = 0.3$ 。実験法は、単純支持で下弦荷重(但し支間中央)とし、荷重は $2 \times P = 20 \text{ kg}$ で、今回は集中荷重の場合のみにつき行った。測定は中央梁での桁の撓み測定(ダイヤルゲージによる)と歪測定で、これは図-2にも示す通り、床版上、支間中央(C)及び格束近傍での歪状態を調べるため、上弦の第三格束(M)にそれぞれ5箇所に歪ゲージをつけて行った。又弦材応力が、所定の値に近いかどうかは、これ等にも歪ゲージをつけてチェックすることにした。なお詳しい数値計算、及び実験結果については追って報告させていただく。