



弾性固定桁の立体的解法と格子鋸桁橋への応用計算

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学 公開日: 2014-05-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 中村, 作太郎 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/3117

弾性固定桁の立体的解法と格子鉋 桁橋への応用計算

中村作太郎

A Cubic Solution on Girder Elastically Fixed and an Applied Calculation on Lattice Plate Girder Bridge

Sakutaro Nakamura

Abstract

The author induced some formulae for the cubic theory on the ends elastically fixed girder having a concentrated load at any point, and applied the same formulae to the calculation on the lattice plate girder in railway bridge.

I. 緒 論

任意の方向を以つて色々な点に作用する同一平面内でない互に釣合の状態にある力群 P_1, P_2, P_3, \dots が一つの物体に作用するものとすれば、その作用点は、直角座標系の座標 x, y, z によつて定められる。 M_x, M_y, M_z を以つて、 x, y, z 軸に関する P_1, P_2, P_3, \dots 等の合力 P の静力学的モーメントを表し、 X, Y, Z を以つて P の三軸 x, y, z 方向の分力を表すものとすれば立体的の力の系¹⁾においては、6個の釣合条件 $\sum M_x=0, \sum M_y=0, \sum M_z=0; \sum X=0, \sum Y=0, \sum Z=0$ が必要且つ先分なる条件である。今、一つの桁が両端においてある条件のもとに弾性的に固定支持され、桁の長さを l 、断面積を A 、桁断面二次モーメントを I 、捩り抵抗モーメントを J_d とし、この桁が荷重のために立体的の変位を受け、支点は勿論、桁の上の任意の点もそれぞれ、 $\delta_{xA}, \delta_{xB}, \delta_{yA}, \delta_{yB}, \delta_{zA}, \delta_{zB}, \delta_{mA}, \delta_{mB}$ 等の移動を生じたとする。著者は、この荷重と変位との間の関係について、全体として成立する関係式を求め、更に縦方向の軸力、捩り応力等の影響をも考慮に入れて立体的の一般理論解式を導いた。また、両端支点上に荷重のない場合の解式、両支点上に荷重なく、しかも両端における支点の変位零なる場合の解式などをも求め、桁橋の応力計算を行なうのに便利ならしめた。すなわち、応用例

1) 小野薫外4氏共訳：キルヒホッフ骨組の力学，上巻，下巻，1942.

H. Müller-Breslau：Die Neueren der Festigkeitslehre，1924.

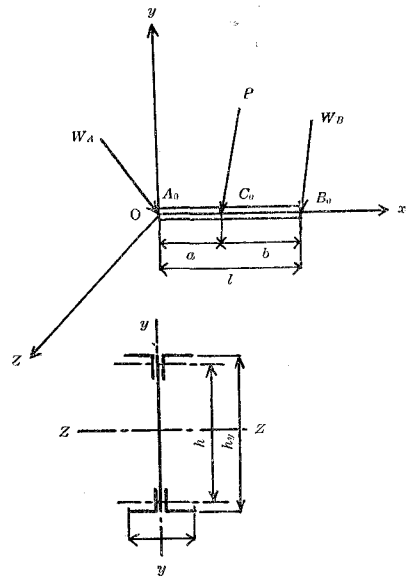
として、両端の弾性的に固定された格子桁鉄道橋がKS-18荷重を受ける場合について、これらの公式を用い、精密なる計算を試みた。その結果については普通の単純支持による桁橋並びに二軸両端固定の桁橋の計算結果と比較し、三軸両端弾性固定による本計算結果が一番、断面の節約が出来、しかも最も実際に近く、優れて居る事を述べんとする。

II. 弾性的両端固定桁の立体的理論による一般解式

第1図に示す如く、 A_0B_0 なる弾性固定桁が直交座標軸 $oxyz$ の交点 O にその左端 A_0 を置き、 x 軸の上に横たわる時、任意の方向の荷重 P 、その A_0 端に荷重 W_A 、 B_0 端に荷重 W_B が載り、任意の立体的変形を受け、 A_0 は A に、 B_0 は B に変位したものとす。すなわち、第2図において、 X_A : A 点における x 軸方向の軸力、

X_B : B 点における x 軸方向の軸力、 Y_A, Z_A : A 点における y 及び z 軸方向の剪断力を表わし、それぞれの軸の負の方向に向うものを正とする。 Y_B, Z_B : B 点における y 及び z 軸方向の剪断力を表わし、それぞれの軸の負の方向に向うものを正とする。 P_y, P_z : y 及び z 軸方向に作用する任意の集中荷重を表わし、任意の集中荷重 P の y 及び z 軸方向への分力とも考えられる。それぞれの軸の負の方向に向うものを正とする。 $\varphi_{xA}, \varphi_{yA}, \varphi_{zA}$: A 点における x 軸の周りの捩れ角及び y, z 軸の周りの角を表わし、何れもそれぞれの軸の正の方向に向つて反時計方向に廻転する場合を正とする。 $\varphi_{xB}, \varphi_{yB}, \varphi_{zB}$: B 点における x 軸の周りの捩れ角及び y, z 軸の周りの角を表わし、何れもそれぞれの軸の正の方向に向つて反時計方向に廻転する場合を正とする。 $\delta_{xA}, \delta_{yA}, \delta_{zA}$: A 点における部材端変位の x, y 及び z 軸方向の分値を表わし、何れもそれぞれの軸の正の方向へ変位した場合を正とする。 M_{xA}, M_{yA}, M_{zA} : A 点における x 軸の周りの振りモーメント及び y, z 軸の周りの端モーメントを表わし、それぞれの軸の正の方向に向つて反時計廻りのものを正とする。 M_{xB}, M_{yB}, M_{zB} : B 点における x 軸の周りの振りモーメント及び y, z 軸の周りの端モーメントを表わし、それぞれの軸の正の方向に向つて反時計廻りのものを正とする。 k_x : x 軸の周りの振り剛性係数、 I_y, I_z : y 及び z 軸に関する桁断面の二次モーメント、 Q_{yA}, Q_{yB} : AB 桁を単純桁と考えた時の荷重 P_y, p_y などによる材端剪断力、 Q_{xA}, Q_{xB} : AB 桁を単純桁と考えたとき

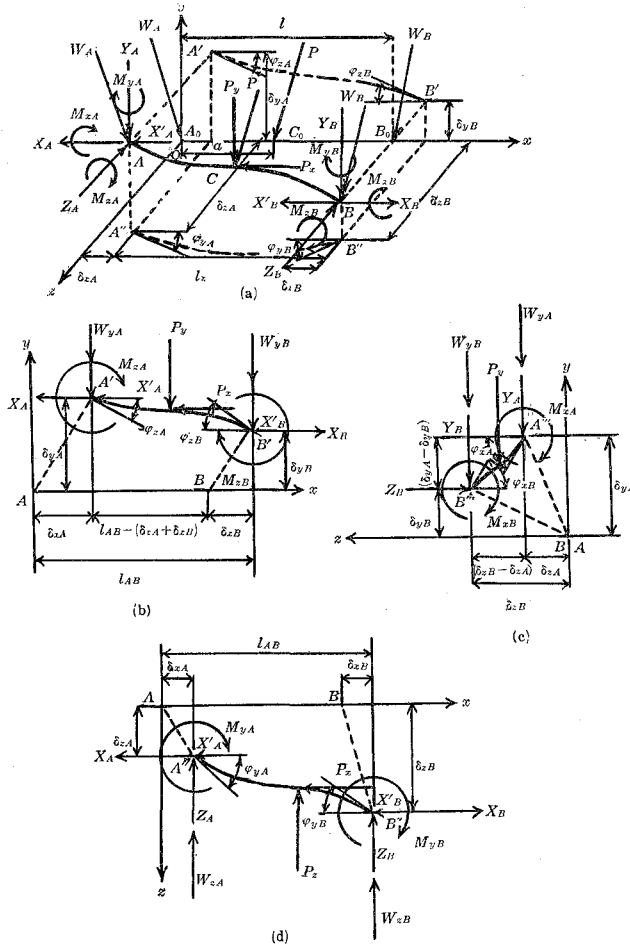
(a) 直交座標軸に於ける桁配置図



(b) 桁断面図 (桁橋の場合)

第1図 桁の配置と断面図

の荷重 P_z , p_z などによる材端剪断力, C_{yA} , C_{yB} : AB 桁を固定桁と考えたときの荷重 P_z , p_z などによる端モーメント, C_{zA} , C_{zB} : AB 桁を固定桁と考えたときの荷重 P_y , p_y などによる端モーメント, W_{yA} , W_{yB} ; W_{zA} , W_{zB} : A, B 端における荷重 W_A , W_B の y 軸及び z 軸方向の分力。とすれば, 次の如き解式²⁾ が誘導せられる。



第 2 図 桁の立体的変位図

- 2) 中村作太郎： 弾性的両端固定桁の立体的解法, 土木学会北海道支部研究発表会に於いて一部発表, 1956.
 中村作太郎： 任意の荷重を受ける一般桁梁の支点に関する基礎理論について, 第 4 回応用力学連合講演会に於いて一部発表, 1954.
 結城朝恭・吉田俊弥： 立体ラーメンに於ける振りモーメントに就いて. 土木学会誌, 第 38 卷, 第 10 号 1953.
 鷹部屋福平： 高級桁梁論, 1929.

A 点において

$$\begin{aligned}
 M_{xA} &= \frac{k_x G}{l} (\varphi_{xA} - \varphi_{xB}) - W_{yA} \frac{h_y}{2} \sin \varphi_{xA} \\
 M_{yA} &= \frac{2EI_y}{l} \left\{ 2\varphi_{yA} + \varphi_{yB} + 3 \frac{(\delta_{zA} - \delta_{zB})}{l} \right\} + C_{yA} + W_{zA} \frac{h_z}{2} \sin \varphi_{yA} \\
 M_{zA} &= \frac{2EI_z}{l} \left\{ 2\varphi_{zA} + \varphi_{zB} - 3 \frac{(\delta_{yA} - \delta_{yB})}{l} \right\} - C_{zA} - W_{yA} \frac{h_y}{2} \sin \varphi_{zA} \\
 Y_A &= -\frac{6EI_z}{l^2} \left\{ \varphi_{zA} + \varphi_{zB} - \frac{2}{l} (\delta_{yA} - \delta_{yB}) \right\} + Q_{yA} + \frac{1}{l} (C_{zA} - C_{zB}) \\
 &\quad + \frac{1}{l} \left[W_{yA} \frac{h_y}{2} \sin \varphi_{zA} - W_{yB} \left\{ \frac{h_y}{2} \sin \varphi_{zB} + (\delta_{yA} - \delta_{yB}) \tan \varphi_{zB} \right\} \right] \\
 Z_A &= -\frac{6EI_y}{l^2} \left\{ \varphi_{yA} + \varphi_{yB} + \frac{2}{l} (\delta_{zA} - \delta_{zB}) + Q_{zA} + \frac{1}{l} (C_{yA} - C_{yB}) \right. \\
 &\quad \left. + \frac{1}{l} \left[W_{zA} \frac{h_z}{2} \sin \varphi_{yA} - W_{zB} \left\{ \frac{h_z}{2} \sin \varphi_{yB} + (\delta_{zA} - \delta_{zB}) \tan \varphi_{yB} \right\} \right] \right\} \\
 X_A &= \frac{A}{I_y \cdot l} \left(\int_0^a \frac{z}{2} M_{yx} dx + \int_0^l \frac{z}{2} M_{yx} dx \right) + \frac{A}{I_z \cdot l} \left(\int_0^a \frac{y}{2} M_{zx} dx \right. \\
 &\quad \left. + \int_0^l \frac{y}{2} M_{zx} dx \right)
 \end{aligned} \tag{1}$$

B 点において

$$\begin{aligned}
 M_{xB} &= -\frac{k_x G}{l} (\varphi_{xB} - \varphi_{xA}) + W_{yB} \left\{ \frac{h_y}{2} \sin \varphi_{xB} + (\delta_{yA} - \delta_{yB}) \tan \varphi_{zB} \right\} \\
 M_{yB} &= \frac{2EI_y}{l} \left\{ \varphi_{yA} + 2\varphi_{yB} + 3 \frac{(\delta_{zA} - \delta_{zB})}{l} \right\} - C_{yB} - W_{zB} \left\{ \frac{h_z}{2} \sin \varphi_{yB} \right. \\
 &\quad \left. + (\delta_{zA} - \delta_{zB}) \tan \varphi_{yB} \right\} \\
 M_{zB} &= \frac{2EI_z}{l} \left\{ \varphi_{zA} + 2\varphi_{zB} - 3 \frac{(\delta_{yA} - \delta_{yB})}{l} \right\} + C_{zB} + W_{yB} \left\{ \frac{h_y}{2} \sin \varphi_{zB} \right. \\
 &\quad \left. + (\delta_{yA} - \delta_{yB}) \tan \varphi_{zB} \right\} \\
 Y_B &= \frac{6EI_z}{l^2} \left\{ \varphi_{zB} + \varphi_{zA} - \frac{2}{l} (\delta_{yA} - \delta_{yB}) \right\} + Q_{yB} - \frac{1}{l} (C_{zA} - C_{zB}) \\
 &\quad - \frac{1}{l} \left[W_{yA} \frac{h_y}{2} \sin \varphi_{zA} - W_{yB} \left\{ \frac{h_y}{2} \sin \varphi_{zB} + (\delta_{yA} - \delta_{yB}) \tan \varphi_{zB} \right\} \right] \\
 Z_B &= -\frac{6EI_y}{l^2} \left\{ \varphi_{yA} + \varphi_{yB} + \frac{2}{l} (\delta_{zA} - \delta_{zB}) \right\} + Q_{zB} - \frac{1}{l} (C_{yA} - C_{yB}) \\
 &\quad - \frac{1}{l} \left[W_{zA} \frac{h_z}{2} \sin \varphi_{yA} - W_{zB} \left\{ \frac{h_z}{2} \sin \varphi_{yB} + (\delta_{zA} - \delta_{zB}) \tan \varphi_{yB} \right\} \right] \\
 X_B &= -\left\{ \frac{A}{I_y \cdot l} \left(\int_0^a \frac{z}{2} M_{yx} dx + \int_a^l \frac{z}{2} M_{yx} dx \right) + \frac{A}{I_z \cdot l} \left(\int_0^a \frac{y}{2} M_{zx} dx \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + \int_0^l \frac{y}{2} M_{zx} dx \right) \right\}
 \end{aligned} \tag{2}$$

M_{yx}, M_{zx} : 任意の点における y 軸, z 軸の周りの曲げモーメント。とすれば, 次式³⁾により表わす事が出来る。

$$\left. \begin{aligned}
 M_{yx} &= \frac{R_{yA}}{\gamma} \sinh \gamma x - M_{yA} \cosh \gamma x - \varphi_{yA} \gamma K I_y \sinh \gamma x \cdots \cdots 0 \leq x \leq a \\
 M_{yx} &= \frac{R_{yB}}{\gamma} \sinh \gamma (l-x) - M_{yB} \cosh \gamma (l-x) - \varphi_{yB} \gamma K I_y \sinh \gamma (l-x) \\
 &\quad \cdots \cdots a \leq x \leq l \\
 M_{zx} &= \frac{R_{zA}}{\gamma} \sinh \gamma x - M_{zA} \cosh \gamma x - \varphi_{zA} \gamma K I_z \sinh \gamma x \cdots \cdots 0 \leq x \leq a \\
 M_{zx} &= \frac{R_{zB}}{\gamma} \sinh \gamma (l-x) - M_{zB} \cosh \gamma (l-x) - \varphi_{zB} \gamma K I_z \sinh \gamma (l-x) \\
 &\quad \cdots \cdots a \leq x \leq l
 \end{aligned} \right\} (3)$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{X}{\rho \left(E + \frac{X}{A} \right) I_z}}, \quad \rho = \text{係数}$$

$$\left. \begin{aligned}
 \varphi_{yA} &= \frac{P_z ab(l+b)}{6lE} + \frac{l}{6EI_y} \left[-W_{zA} h_z \sin \varphi_{yA} - W_{zB} \left\{ \frac{h_z}{2} \sin \varphi_{yB} \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + (\delta_{zA} - \delta_{zB}) \tan \varphi_{yB} \right\} \right] \\
 \varphi_{yB} &= -\frac{P_z ab(l+a)}{6lEI_y} + \frac{l}{6EI_y} \left[W_{zB} \left\{ h_z \sin \varphi_{yB} + 2(\delta_{zA} - \delta_{zB}) \tan \varphi_{yB} \right\} \right. \\
 &\quad \left. + W_{zA} \frac{h_z}{2} \sin \varphi_{yA} \right] \\
 \varphi_{zA} &= \frac{P_y ab(l+b)}{6lEI_z} + \frac{l}{6EI_z} \left[-W_{yA} h_y \sin \varphi_{zA} - W_{yB} \left\{ \frac{h_y}{2} \sin \varphi_{zB} \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + (\delta_{yA} - \delta_{yB}) \tan \varphi_{zB} \right\} \right] \\
 \varphi_{zB} &= -\frac{P_y ab(l+a)}{6lEI_z} + \frac{l}{6EI_z} \left[W_{yB} \left\{ h_y \sin \varphi_{zB} + 2(\delta_{yA} - \delta_{yB}) \tan \varphi_{zB} \right\} \right. \\
 &\quad \left. + W_{yA} \frac{h_y}{2} \sin \varphi_{zA} \right]
 \end{aligned} \right\} (4)$$

次に, $\varphi_{xA}, \varphi_{xB}$ は, 極めて小さいから, $\sin \varphi_{xA} \doteq \varphi_{xA}, \sin \varphi_{xB} \doteq \varphi_{xB}, \tan \varphi_{xA} \doteq \varphi_{xA}, \tan \varphi_{xB} \doteq \varphi_{xB}$ とし, 縦応力を同時に生ずると考えた場合⁴⁾ 次の如くなる。

3) 中村作太郎: 桁梁の撓み理論に関する基礎的研究 (I), (II). 室蘭工業大学研究報告, 第2巻, 第3号, 1956, 1957.
 Sakutaro Nakamura: The Theoretical Studies on Elastic Deflection of Beam. Proceeding of the 3rd Japan National Congress for Applied Mechanics, 1953.
 4) 池部宗薫外5氏共訳: プライヒ鉄骨構造上巻, 1941.
 F. Bleich: Theorie und Brechnung der eisernen Brücken, 1924.

$$\left. \begin{aligned}
\varphi_{xA} &= \frac{P_y \cdot e \cdot l}{(al)GJ_d} \left\{ \frac{\sinh ab}{\sinh al} \sinh ax - (ab) \frac{x}{l} \right\} + \frac{M_{xA}}{\frac{k_x G}{l} - W_{yA} \frac{h_y}{2}} \\
&\quad + \frac{\left(\frac{k_x G}{l} \right)^2 M_{xA} - M_{xB} \left(\frac{k_x G}{l} - W_{yA} \frac{h_y}{2} \right)}{\left(\frac{k_x G}{l} - W_{yA} \frac{h_y}{2} \right) \left(\frac{k_x G}{l} - \frac{h_y}{2} - \delta_{yA} + \delta_{yB} \right) \left\{ \frac{k_x G}{l} - W_{yA} \frac{h_y}{2} - \left(\frac{k_x G}{l} \right)^2 \right\}} \\
\varphi_{xB} &= \frac{P_y \cdot e \cdot l}{(al)GJ_d} \left\{ \frac{\sinh aa}{\sinh al} \sinh(l-x) - (aa) \frac{l-x}{l} \right\} + \\
&\quad \frac{M_{xA} \frac{k_x G}{l} - M_{xB} \left(\frac{k_x G}{l} - W_{yA} \frac{h_y}{2} \right)}{\left(\frac{k_x G}{l} - \frac{h_y}{2} - \delta_{yA} + \delta_{yB} \right) \left\{ \left(\frac{k_x G}{l} - W_{yA} \frac{h_y}{2} \right) - \left(\frac{k_x G}{l} \right)^2 \right\}}
\end{aligned} \right\} \quad (5)$$

e: 偏心距離すなわち、荷重 P が xz 平面と交る点の x 軸より測つた垂直距離

(3), (4), (5) 式より φ_{xA} , φ_{xB} , φ_{yA} , φ_{yB} , φ_{zA} , φ_{zB} , M_{yA} , M_{zA} などを求め、(1), (2) 式に代入し、 M_{xA} , M_{yA} , M_{zA} , M_{xB} , M_{yB} , M_{zB} , X_A , Y_A , Z_A , X_B , Y_B , Z_B などを求める事が出来る。

$$\begin{aligned}
X'_A + X'_B &= P_x, & X_A + X_B + X'_A + X'_B &= P_x \\
\therefore X_A + X_B &= 0
\end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned}
X_A + X_B &= 0 \\
Y_A + Y_B &= P_y \\
Z_A + Z_B &= P_z
\end{aligned} \right\} \quad (6)$$

以上の式において

$$\mu_z = \frac{\delta_{zA} - \delta_{zB}}{l}, \quad \mu_y = \frac{\delta_{yA} - \delta_{yB}}{l} \quad (7)$$

とし、 φ_{yA} , φ_{yB} , φ_{zA} , φ_{zB} は極めて小さい角であると考え、 $\sin \varphi_{yB} \doteq \varphi_{yB}$, $\tan \varphi_{yB} \doteq \varphi_{yB}$, $\sin \varphi_{yA} \doteq \varphi_{yA}$, $\sin \varphi_{yB} \doteq \varphi_{yB}$, $\sin \varphi_{zB} \doteq \varphi_{zB}$, $\tan \varphi_{zB} \doteq \varphi_{zB}$, $\sin \varphi_{zA} \doteq \varphi_{zA}$ とすれば、(4) 式より

$$\varphi_{yA} = \frac{\frac{P_z ab(l+b)}{6EI_y} \left\{ 1 + \frac{l}{6EI_y} W_{zB} \left(\frac{h_z}{2} + \mu_z l \right) \right\}}{1 - \frac{l}{6EI_y} W_{zB} (h_z + 2\mu_z l)} \quad (8)$$

$$1 + \frac{l}{6EI_y} W_{zA} h_z \left\{ 1 + \frac{\frac{1}{2} W_{zB} \left(\frac{h_z}{2} + \mu_z l \right) V_1}{1 - \frac{l}{6EI_y} W_{zB} (h_z + 2\mu_z l)} \right\}$$

$$\varphi_{yB} = \frac{1}{1 - \frac{l}{6EI_y} W_{zB}(h_z + 2\mu_z l)} \times \left[\frac{\frac{h_z}{2} W_{yA} P_{zA} ab (l+a) \left\{ 1 + \frac{\frac{l}{6EI_y} W_{zB} \left(\frac{h_z}{2} + \mu_z l \right)}{1 - \frac{l}{6EI_y} W_{zB}(h_z + 2\mu_z l)} \right\}}{l \left\{ 6EI_y + W_{zA} h_z \left[l + \frac{1}{2} \frac{\frac{l}{6EI_y} W_{zB} \left(\frac{h_z}{2} + \mu_z l \right)}{1 - \frac{l}{6EI_y} W_{zB}(h_z + 2\mu_z l)} \right] \right\}} \right] - S_1 \quad (9)$$

$$\varphi_{zA} = \frac{P_{yA} a \cdot b \left\{ \frac{\left(\frac{h_y}{2} + \mu_y l \right) W_{yB}}{1 - \frac{l}{6EI_z} W_{yB}(h_y + 2\mu_y l)} \cdot \frac{(l+a)}{6EI_z} + l + b \right\}}{6EI_z l + W_{yA} h_y l^2 \left\{ 1 + \frac{\frac{1}{2} \left(\frac{h_y}{2} + \mu_y l \right) W_{yB} \cdot V_2}{1 - \frac{l}{6EI_z} W_{yB}(h_y + 2\mu_y l)} \right\}} \quad (10)$$

$$\varphi_{zB} = \frac{1}{6EI_z - l W_{yB}(h_y + 2\mu_y l)} \times \left[\frac{W_{yA} \frac{h_y}{2} P_{yA} a \cdot b \left\{ \frac{\left(\frac{h_y}{2} + \mu_y l \right) W_{yB}(l+a) \frac{1}{6EI_z}}{1 - \frac{l}{6EI_z} W_{yB}(h_y + 2\mu_y l)} + l + b \right\}}{6EI_z + \frac{l^2}{6EI_z} W_{yA} h_y \left\{ 1 + \frac{\frac{1}{2} \left(\frac{h_y}{2} + \mu_y l \right) W_{yB}}{1 - \frac{l}{6EI_z} W_{yB}(h_y + 2\mu_y l)} \right\}} \right] - F \quad (11)$$

(5) 式に, (1), (2) 式の M_{xA} , M_{xB} を代入し

$$\left. \begin{aligned} H &= \frac{k_x G}{l} - W_{yA} \frac{h_y}{2} \\ L &= \left(\frac{k_x}{l} G - \frac{h_y}{2} - \mu_z l \right) \left\{ \left(\frac{k_x G}{l} - W_{yA} \frac{h_y}{2} \right) - \left(\frac{k_x G}{l} \right)^2 \right\} \\ K &= \left(\frac{k_x G}{l} - W_{yA} \frac{h_y}{2} \right) \left(\frac{k_x G}{l} - \frac{h_y}{2} - \mu_y l \right) \left\{ \frac{k_x G}{l} - W_{yA} \frac{h_y}{2} - \left(\frac{k_x G}{l} \right)^2 \right\} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

とすれば, 次式が得られる。

$$\left. \begin{aligned} \varphi_{xA} \left\{ H \cdot K - K \frac{k_x G}{l} + W_{yA} \frac{h_y}{2} - \left(\frac{k_x G}{l} \right)^3 \cdot H + H \cdot \left(\frac{k_x G}{l} \right)^2 W_{yA} \frac{h_y}{2} \right. \\ \left. + \frac{k_x G}{l} \right\} + \varphi_{xB} \left\{ K \frac{k_x G}{l} + \left(\frac{k_x G}{l} \right)^3 - \frac{k_x G}{l} + W_{yB} \left(\frac{h_y}{2} + \mu_y l \right) \right. \\ \left. \times \left(\frac{k_x G}{l} - W_{yA} \frac{h_y}{2} \right) H \right\} = \frac{P_{yA} e \cdot l}{(al) G J_d} \left\{ \frac{\sinh ab}{\sinh al} \sinh ax - (ab) \frac{x}{l} \right\} H \cdot K \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

$$\left. \begin{aligned} \varphi_{xB} \left\{ L + \left(\frac{k_x G}{l} \right)^3 - \frac{k_x G}{l} \left(\frac{k_x G}{l} - W_{yA} \frac{h_y}{2} \right) + \left(\frac{k_x G}{l} - W_{yA} \frac{h_y}{2} \right) \right. \\ \times \left. \left(\frac{h_y}{2} + \mu_y l \right) W_{yB} \right\} - \varphi_{xA} \left\{ \left(\frac{k_x G}{l} \right)^2 - W_{yA} \frac{h_y}{2} \frac{k_x G}{l} \right. \\ \left. + \frac{k_x G}{l} \left(\frac{k_x G}{l} - W_{yA} \frac{h_y}{2} \right) \right\} = \frac{P_y e \cdot l}{(al) G J_d} \left\{ \frac{\sinh aa}{\sinh al} \sinh(l-x) \right. \\ \left. - (aa) \frac{l-x}{l} \right\} \cdot L \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

そこで

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= H \cdot K - K \frac{k_x G}{l} + W_{yA} \frac{h_y}{2} - \left(\frac{k_x G}{l} \right)^3 \cdot H \\ &\quad + H \cdot \left(\frac{k_x G}{l} \right)^2 W_{yA} \frac{h_y}{2} + \frac{k_x G}{l} \\ M_2 &= K \cdot \frac{k_x G}{l} + \left(\frac{k_x G}{l} \right)^3 - \frac{k_x G}{l} \\ &\quad + W_{yB} \left(\frac{h_y}{2} + \mu_y l \right) \left(\frac{k_x G}{l} - W_{yA} \frac{h_y}{2} \right) \cdot H \\ N_1 &= L + \left(\frac{k_x G}{l} \right)^3 - \frac{k_x G}{l} \left(\frac{k_x G}{l} - W_{yA} \frac{h_y}{2} \right) \\ &\quad + \left(\frac{k_x G}{l} - W_{yA} \frac{h_y}{2} \right) \left(\frac{h_y}{2} + \mu_y l \right) W_{yB} \\ N_2 &= \left(\frac{k_x G}{l} \right)^2 - W_{yA} \frac{h_y}{2} \frac{k_x G}{l} + \frac{k_x G}{l} \left(\frac{k_x G}{l} - W_{yA} \frac{h_y}{2} \right) \\ Q &= \frac{\sinh ab}{\sinh al} \sinh ax - (ab) \frac{x}{l} \\ R &= \frac{\sinh aa}{\sinh al} \sinh a(l-x) - (aa) \frac{l-x}{l} \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

(13) 式より

$$\varphi_{xA} M_1 + \varphi_{xB} M_2 = \frac{P_y \cdot e \cdot l}{(al) G J_d} Q \cdot H \cdot K \quad (16)$$

(14) 式より

$$\varphi_{xB} N_1 - \varphi_{xA} N_2 = \frac{P_y e \cdot l}{(al) G J_d} \cdot R \cdot L \quad (17)$$

(16), (17) 式より

$$\varphi_{xA} = \frac{P_y \cdot e \cdot l}{(al) G J_d M_1} \left(Q \cdot H \cdot K - M_2 \frac{Q \cdot H \cdot K \cdot N_2 + R \cdot L \cdot M_1}{M_2 N_2 + M_1 N_1} \right) \quad (18)$$

$$\varphi_{xB} = \frac{P_y \cdot e \cdot l}{(al) \cdot G J_d} \cdot \frac{Q \cdot H \cdot K \cdot N_2 + R \cdot L \cdot M_1}{M_2 N_2 + M_1 N_1} \quad (19)$$

ここに

$$al = \frac{l}{h} \sqrt{2 \frac{G}{E} \cdot \frac{J_a}{J}} \quad \left. \begin{array}{l} G: \text{ 剪断弾性係数} \\ E: \text{ 弾性係数} \\ l: \text{ 支間} \\ h: \text{ 桁の中心線より上下断面の重心間距離} \\ J_a: \text{ 桁断面の全振り抵抗モーメント} \\ J: \text{ 桁縁部の曲げを考える時の中心線より上または下の断面二次モーメント} \end{array} \right\} (20)$$

また

$$Y_A = -\frac{6EI_z}{l^2} \left[\frac{S_2 \left\{ \frac{W_{yB} t_2 (l+a)}{6EI_z (1-2U_4 t_2)} + l+b \right\}}{1+U_3 h_y \left(1 + \frac{\frac{1}{2} t_2 W_{yB} V_2}{1-2U_4 t_2} \right)} + \frac{1}{2(3EI_z - lW_{yB} t_2)} \right. \\ \times \left. \left[\frac{\frac{h_y}{2l} U_3 P_y a b \left\{ \frac{t_2 W_{yB} (l+a)}{(1-2U_4 t_2) 6EI_z} + l+b \right\}}{1+U_3 h_y V_2 \left(1 + \frac{\frac{1}{2} t_2 W_{yB}}{1-2U_4 t_2} \right)} - F \right] - \frac{2}{l} \left(t_2 - \frac{h_y}{2} \right) \right] + Q_{yA} \\ - \frac{1}{l} (C_{zA} - C_{zB}) + \frac{W_{yA}}{l} \cdot \frac{h_y}{2} \left[\frac{S_2 \left\{ \frac{W_{yB} (l+a) t_2}{(1-2U_4 t_2) 6EI_z} + l+b \right\}}{1+U_3 h_y \left(1 + \frac{\frac{1}{2} t_2 W_{yB} V_2}{1-2U_4 t_2} \right)} \right] \\ - \frac{W_{yB} t_2}{l} \cdot \frac{1}{2(3EI_z - lW_{yB} t_2)} \left[\frac{\frac{h_y}{2l} U_3 \cdot P_y \cdot a \cdot b \left\{ \frac{W_{yB} (l+a) t_2}{(1-2U_4 t_2) 6EI_z} + l+b \right\}}{1+U_3 h_y l \left\{ 1 - \frac{\frac{1}{2} t_2 W_{yB}}{1-2U_4 t_2} \right\}} \cdot \frac{1}{6EI_z} - F \right] \quad (21)$$

$$Y_B = \frac{6EI_z}{l^2} \left[\frac{1}{2(3EI_z - lW_{yB} t_2)} \left[\frac{\frac{h_y}{2l} U_3 \cdot P_y \cdot a \cdot b \left\{ \frac{t_2 W_{yB} (l+a)}{(1-2U_4 t_2) 6EI_z} + l+b \right\}}{1+U_3 h_y l \left(1 + \frac{\frac{1}{2} t_2 W_{yB}}{1-2U_4 t_2} \right)} \cdot \frac{1}{6EI_z} - F \right] \right. \\ \left. + \frac{S_2 \left\{ \frac{W_{yB} t_2 (l+a)}{6EI_z (1-2U_4 t_2)} + l+b \right\}}{1+U_3 h_y \left(1 + \frac{\frac{1}{2} t_2 W_{yB} V_2}{1-2U_4 t_2} \right)} - \frac{2}{l} \left(t_2 - \frac{h_y}{2} \right) \right] + Q_{yB} - \frac{1}{l} (C_{zA} - C_{zB}) \\ - \frac{h_y}{2l} W_{yA} \frac{S_2 \left\{ \frac{W_{yB} t_2 (l+a)}{(1-2U_4 t_2) 6EI_z} + l+b \right\}}{1+U_3 h_y \left(1 + \frac{\frac{1}{2} t_2 W_{yB} V_2}{1-2U_4 t_2} \right)} + \frac{W_{yB} t_2}{l} \cdot \frac{1}{2(3EI_z - lW_{yB} t_2)} \\ \times \left[\frac{\frac{h_y}{2l} U_3 \cdot P_y \cdot a \cdot b \left\{ \frac{t_2 W_{yB} (l+a)}{(1-2U_4 t_2) 6EI_z} + l+b \right\}}{1+U_3 h_y \frac{l}{6EI_z} \left(1 + \frac{\frac{1}{2} t_2 W_{yB}}{1-2U_4 t_2} \right)} - F \right] \quad (22)$$

$$\begin{aligned}
Z_A = & -\frac{6EI_y}{l^2} \left\{ \frac{S_1 \left(1 + \frac{U_2 t_1}{1-2U_2 t_1}\right)}{1+U_1 h_z \left(1 + \frac{\frac{1}{2} W_{zB} t_1 V_1}{1-2U_2 t_1}\right)} + \frac{1}{1-2U_2 t_1} \left\{ \frac{\frac{h_z}{2} W_{zA} S_1 \left(1 + \frac{U_2 t_1}{1-2U_2 t_1}\right)}{U_1 h_z l \left(l + \frac{\frac{1}{2} U_2 t_1}{1-2U_2 t_1}\right)} \right. \right. \\
& \left. \left. - S_1 \right\} + \frac{2}{l} \left(t_1 - \frac{h_z}{2}\right) \right\} + Q_{zA} - \frac{1}{l} (C_{yA} - C_{yB}) + \frac{1}{l} W_{zA} \frac{h_z}{2} \\
& \times \frac{S_1 \left(1 + \frac{U_2 t_1}{1-2U_2 t_1}\right)}{1+U_1 h_z \left(1 + \frac{\frac{1}{2} W_{zB} t_1 V_1}{1-2U_2 t_1}\right)} - \frac{W_{zB} t_1}{l} \frac{1}{1-2U_2 t_1} \left\{ \frac{\frac{h_z}{2} W_{zA} S_1 \left(1 + \frac{U_2 t_1}{1-2U_2 t_1}\right)}{U_1 h_z l \left(l + \frac{\frac{1}{2} U_2 t_1}{1-2U_2 t_1}\right)} \right. \\
& \left. - S_1 \right\} \tag{23}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_B = & -\frac{6EI_y}{l^2} \left\{ \frac{S_1 \left(1 + \frac{U_2 t_1}{1-2U_2 t_1}\right)}{1+U_1 h_z \left(1 + \frac{\frac{1}{2} W_{zB} t_1 V_1}{1-2U_2 t_1}\right)} + \frac{1}{1-2U_2 t_1} \left\{ \frac{\frac{h_z}{2} W_{zA} S_1 \left(1 + \frac{U_2 t_1}{1-2U_2 t_1}\right)}{U_1 h_z l \left(l + \frac{\frac{1}{2} U_2 t_1}{1-2U_2 t_1}\right)} \right. \right. \\
& \left. \left. - S_1 \right\} + \frac{2}{l} \left(t_1 - \frac{h_z}{2}\right) \right\} + Q_{zB} - \frac{1}{l} (C_{yA} - C_{yB}) - \frac{W_{zA}}{l} \frac{h_z}{2} \\
& \times \left\{ \frac{S_1 \left(1 + \frac{U_2 t_1}{1-2U_2 t_1}\right)}{1+U_1 h_z \left(1 + \frac{\frac{1}{2} W_{zB} t_1 V_1}{1-2U_2 t_1}\right)} \right\} + \frac{W_{zB}}{l} t_1 \cdot \frac{1}{1-2U_2 t_1} \\
& \times \left\{ \frac{\frac{h_z}{2} W_{zA} S_1 \left(1 + \frac{U_2 t_1}{1-2U_2 t_1}\right)}{U_1 h_z l \left(l + \frac{\frac{1}{2} U_2 t_1}{1-2U_2 t_1}\right)} - S_1 \right\} \tag{24}
\end{aligned}$$

ここに

$$\left. \begin{aligned}
t_1 &= \frac{h_z}{2} + \mu_z l, & t_2 &= \frac{h_y}{2} + \mu_y l \\
U_1 &= \frac{l}{6EI_y} W_{zA}, & U_2 &= \frac{l}{6EI_y} W_{zB}, & U_3 &= \frac{l}{6EI_z} W_{yA} \\
U_4 &= \frac{l}{6EI_z} W_{yB}, & V_1 &= \frac{l}{6EI_y}, & V_2 &= \frac{l}{6EI_z} \\
S_1 &= \frac{P_z ab(l+a)}{6EI_y}, & S_2 &= \frac{P_y a \cdot b}{6EI_z} \\
F &= \frac{P_y ab(l+a)}{l}
\end{aligned} \right\} \tag{25}$$

X_A は, (1) 式より

$$\begin{aligned}
 X_A = & \frac{A}{I_y \cdot l} \left[-\frac{\mu_z}{2} x \left\{ \left(\frac{R_{yA}}{\gamma^2} - \varphi_{yA} K I_y \right) (\cosh \gamma a - 1) - \frac{M_{yA}}{\gamma} \sinh \gamma a \right\} \right. \\
 & - \frac{\mu_z}{4} \left(\frac{R_{yA}}{\gamma} \sinh \gamma x - M_{yA} \cosh \gamma x - \varphi_{yA} \gamma \cdot K I_y \sinh \gamma x \right) a^2 \\
 & - \frac{\mu_z}{2} x \left[\left(-\frac{R_{yB}}{\gamma^2} + \varphi_{yB} \gamma \cdot K I_y \right) \{ 1 - \cosh \gamma (l-a) \} - \frac{M_{yB}}{\gamma} \sinh \gamma (l-a) \right] \\
 & - \frac{\mu_z}{4} \left\{ \frac{R_{yB}}{\gamma} \sinh \gamma (l-x) - M_{yB} \cosh \gamma (l-x) - \varphi_{yB} \gamma \cdot K I_y \sinh \gamma (l-x) \right\} (l^2 - a^2) \Big] \\
 & + \frac{A}{I_z \cdot l} \left[-\frac{\mu_y}{2} x \left\{ \left(\frac{R_{zA}}{\gamma^2} - \varphi_{zA} K I_z \right) (\cosh \gamma a - 1) - \frac{M_{zA}}{\gamma} \sinh \gamma a \right\} \right. \\
 & - \frac{\mu_y}{4} \left(\frac{R_{zA}}{\gamma} \sinh \gamma x - M_{zA} \cosh \gamma x - \varphi_{zA} \gamma K I_z \sinh \gamma x \right) a^2 - \frac{\mu_y}{2} x \left[\left(-\frac{R_{zB}}{\gamma^2} \right. \right. \\
 & \left. \left. + \varphi_{zB} \gamma K I_z \right) \{ 1 - \cosh \gamma (l-a) \} - \frac{M_{zB}}{\gamma} \sinh \gamma (l-a) \right] - \frac{\mu_y}{4} \left\{ \frac{R_{zB}}{\gamma} \sinh \gamma (l-x) \right. \\
 & \left. - M_{zB} \cosh \gamma (l-x) - \varphi_{zB} \gamma K I_z \sinh \gamma (l-x) \right\} (l^2 - a^2) \Big] \quad (26)
 \end{aligned}$$

また, X_B は, (6) 式すなわち, $X_B = -X_A$ より求める事が出来る。以上の式は, 両端 A, B において, 弾性固定的に支持された桁が任意の集中荷重 P 及び, 支点 A, B 上に載る集中荷重 W_A, W_B により任意の立体変形を受けたときの軸力, 剪断力, 捩れ角, 撓角, 変位, 振りモーメント, 曲げモーメントなどを立体的の平衡条件を基として一般的に解いた誘導結果であつて, 両端に荷重のない場合, 更に, 両端に荷重なく, 両支点の変位零なる場合の解式は, 上述の式より直ちに求める事が出来る。

III. 両支点上に荷重のない場合の解式

上述の解式(1)~(26)において, 支点上に荷重 W_A, W_B が載らない時は, $W_A=0, W_B=0$, すなわち $W_{yA}=0, W_{yB}=0, W_{zA}=0, W_{zB}=0$ とすればよい。

IV. 両支点上に荷重なく, しかも両支点の変位零なる場合の解式

(1) 式より

$$\left. \begin{aligned}
 M_{xA} &= \frac{k_z G}{l} (\varphi_{xA} - \varphi_{xB}) \\
 M_{yA} &= \frac{2EI_y}{l} (2\varphi_{yA} + \varphi_{yB}) + C_{yA} \\
 M_{zA} &= \frac{2EI_z}{l} (2\varphi_{zA} + \varphi_{zB}) - C_{zA} \\
 Y_A &= -\frac{6EI_z}{l^2} (\varphi_{zA} + \varphi_{zB}) + Q_{yA} + \frac{1}{l} (C_{zA} - C_{zB})
 \end{aligned} \right\} (27)$$

$$\begin{aligned} Z_A &= -\frac{6EI_y}{l^2}(\varphi_{yA} + \varphi_{yB}) + Q_{zA} + \frac{1}{l}(C_{yA} - C_{yB}) \\ X_A &= \frac{A}{I_y l} \left(\int_0^a \frac{z}{2} M_{yx} dx + \int_a^l \frac{z}{2} M_{yx} dx \right) + \frac{A}{I_z l} \left(\int_0^a \frac{y}{2} M_{zx} dx \right. \\ &\quad \left. + \int_a^l \frac{y}{2} M_{zx} dx \right) \end{aligned}$$

(2)式より

$$\begin{aligned} M_{xB} &= \frac{k_x G}{l} (\varphi_{xB} - \varphi_{xA}) \\ M_{yB} &= \frac{2EI_y}{l} (\varphi_{yA} + 2\varphi_{yB}) - C_{yB} \\ M_{zB} &= \frac{2EI_z}{l} (\varphi_{zA} + 2\varphi_{zB}) + C_{zB} \\ Y_B &= \frac{6EI_z}{l^2} (\varphi_{zB} + \varphi_{zA}) + Q_{yB} - \frac{1}{l}(C_{zA} - C_{zB}) \\ Z_B &= -\frac{6EI_y}{l^2} (\varphi_{yA} + \varphi_{yB}) + Q_{zB} - \frac{1}{l}(C_{yA} - C_{yB}) \\ X_B &= -\left\{ \frac{A}{I_y l} \left(\int_0^a \frac{z}{2} M_{yx} dx + \int_a^l \frac{z}{2} M_{yx} dx \right) + \frac{A}{I_z l} \left(\int_0^a \frac{y}{2} M_{zx} dx \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \int_a^l \frac{y}{2} M_{zx} dx \right) \right\} \end{aligned} \quad (28)$$

 M_{yx} , M_{zx} , γ , ρ などは(3)式をそのまま用いてよい。また、(4)式より、 φ_{yA} , φ_{yB} , φ_{zA} , φ_{zB} は

$$\left. \begin{aligned} \varphi_{yA} &= \frac{P_z ab(l+b)}{6lEI_y} \\ \varphi_{yB} &= -\frac{P_z ab(l+a)}{6lEI_y} \\ \varphi_{zA} &= \frac{P_y ab(l+b)}{6lEI_z} \\ \varphi_{zB} &= -\frac{P_y ab(l+a)}{6lEI_z} \end{aligned} \right\} \quad (29)$$

 φ_{xA} , φ_{xB} は、(5)式より次の如くなる。

$$\begin{aligned} \varphi_{xA} &= \frac{P_y \cdot e}{aGJ_a} \left\{ \frac{\sinh ab}{\sinh al} \sinh ax - (ab) \frac{x}{l} \right\} + \frac{M_{xA}}{k_x G} \\ &\quad + \frac{\frac{k_x G}{l} M_{xA} - M_{xB}}{\left(\frac{k_x G}{l} \right) \left(1 - \frac{k_x G}{l} \right) \left(\frac{k_x G}{l} - \frac{h_y}{2} \right)} \end{aligned} \quad (30)$$

$$\varphi_{xB} = \frac{P_y \cdot e}{aGJ_d} \left\{ \frac{\sinh aa}{\sinh al} \sinh(l-x) - (aa) \frac{l-x}{l} \right\} \\ + \frac{M_{xA} - M_{xB}}{\left(\frac{k_x G}{l} - \frac{h_y}{2} \right) \left(1 - \frac{k_x G}{l} \right)}$$

(27)式より

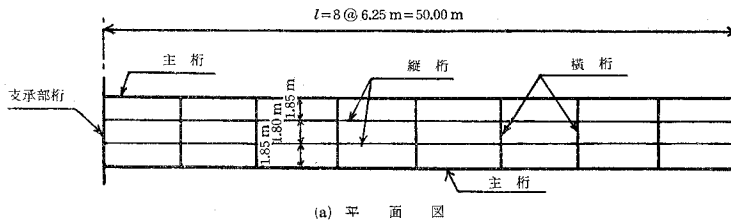
$$M_{xA} = \frac{k_x G}{l} \left[\frac{P_y e}{aGJ_d} \left\{ \frac{\sinh ab}{\sinh al} \sinh ax - ab \frac{x}{l} - \frac{\sinh aa}{\sinh al} \sinh(l-x) \right. \right. \\ \left. \left. + (aa) \frac{l-x}{l} \right\} + \frac{M_{xA}}{\frac{k_x G}{l}} + \frac{\frac{k_x G}{l} M_{xA} - M_{xB}}{\left(\frac{k_x G}{l} \right) \left(1 - \frac{k_x G}{l} \right) \left(\frac{k_x G}{l} - \frac{h_y}{2} \right)} \right. \\ \left. - \frac{M_{xA} - M_{xB}}{\left(\frac{k_x G}{l} - \frac{h_y}{2} \right) \left(1 - \frac{k_x G}{l} \right)} \right] \\ M_{yA} = \frac{2EI_y}{l} \left(\frac{P_z ab(l+b)}{3EI_y} - \frac{P_z ab(l+a)}{6EI_y} \right) + C_{yA} \\ = \frac{2P_z ab(l+b)}{3l^2} - \frac{P_z ab(l+a)}{3l^2} + C_{yA} \\ M_{zA} = \frac{2EI_z}{l} \left(\frac{P_y ab(l+b)}{3EI_z} - \frac{P_y ab(l+a)}{6EI_z} \right) - C_{zA} \\ = \frac{2P_y ab(l+b)}{3l^2} - \frac{P_y ab(l+a)}{3l^2} - C_{zA} \\ Y_A = -\frac{6EI_z}{l^2} \left\{ \frac{P_y ab(l+b)}{6EI_z} - \frac{P_y ab(l+a)}{6EI_z} \right\} + Q_{yA} + \frac{1}{l} (C_{zA} - C_{zB}) \\ = -\frac{P_y ab(l+b)}{l^3} + \frac{P_y ab(l+a)}{l^3} + Q_{yA} + \frac{1}{l} (C_{zA} - C_{zB}) \\ Z_A = -\frac{6EI_y}{l^2} \left\{ \frac{P_z ab(l+b)}{6EI_y} - \frac{P_z ab(l+a)}{6EI_y} \right\} + Q_{zA} + \frac{1}{l} (C_{yA} - C_{yB}) \\ X_A = \frac{A}{I_y \cdot l} \left[\int_0^a \frac{z}{2} \left(\frac{R_{yA}}{\gamma} \sinh \gamma x - M_{yA} \cosh \gamma x - \varphi_{yA} \gamma KI_y \sinh \gamma x \right) dx \right. \\ \left. + \int_a^l \frac{z}{2} \left\{ \frac{R_{yB}}{\gamma} \sinh \gamma(l-x) - M_{yB} \cosh \gamma(l-x) \right. \right. \\ \left. \left. - \varphi_{yB} \gamma KI_y \sinh \gamma(l-x) \right\} dx \right] + \frac{A}{I_z \cdot l} \left[\int_0^a \frac{y}{2} \left(\frac{R_{zA}}{\gamma} \sinh \gamma x \right. \right. \\ \left. \left. - M_{zA} \cosh \gamma x - \varphi_{zA} \gamma KI_z \sinh \gamma x \right) dx + \int_a^l \frac{y}{2} \left\{ \frac{R_{zB}}{\gamma} \sinh \gamma(l-x) \right. \right. \\ \left. \left. - M_{zB} \cosh \gamma(l-x) - \varphi_{zB} \gamma KI_z \sinh \gamma(l-x) \right\} dx \right]$$

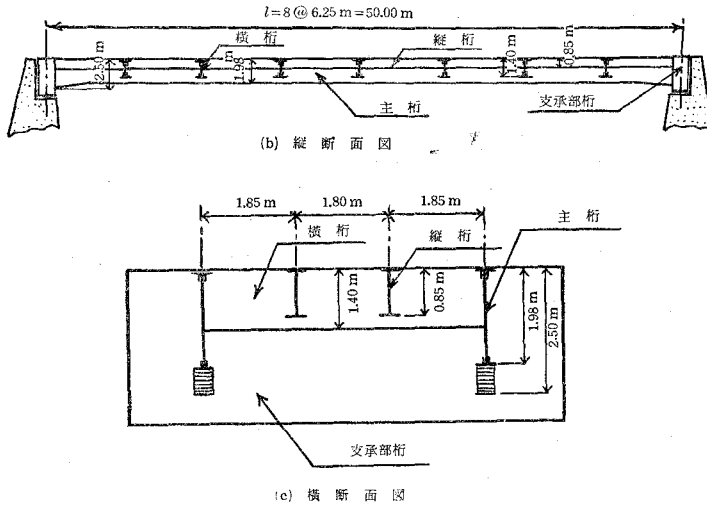
(28)式より

$$\begin{aligned}
 M_{xB} &= \frac{k_x G}{l} \left[\frac{P_y \cdot e}{a G J_u} \left\{ \frac{\sinh aa}{\sinh al} \sinh(l-x) - (aa) \frac{l-x}{l} \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. - \frac{\sinh ab}{\sinh al} \sinh ax + (ab) \frac{x}{l} \right\} + \frac{M_{xA} - M_{xB}}{\left(\frac{k_x G}{l} - \frac{h_y}{2} \right) \left(1 - \frac{k_x G}{l} \right)} \right. \\
 &\quad \left. - \frac{M_{xA}}{\frac{k_x G}{l}} - \frac{\frac{k_x G}{l} M_{xA} - M_{xB}}{\frac{k_x G}{l} \left(1 - \frac{k_x G}{l} \right) \left(\frac{k_x G}{l} - \frac{h_y}{2} \right)} \right] \\
 M_{yB} &= \frac{2EI_y}{l} \left\{ \frac{P_z ab(l+b)}{6EI_y} + \frac{P_z ab(l+a)}{3EI_y} \right\} - C_{yB} \\
 M_{zB} &= \frac{2EI_z}{l} \left\{ \frac{P_y ab(l+b)}{6EI_z} + \frac{P_y ab(l+a)}{3EI_z} \right\} + C_{zB} \\
 Y_B &= \frac{6EI_z}{l^2} \left\{ -\frac{P_z ab(l+a)}{6EI_z} + \frac{P_z ab(l+b)}{6EI_z} \right\} + Q_{yB} - \frac{1}{l} (C_{zA} - C_{zB}) \\
 Z_B &= -\frac{6EI_y}{l^2} \left\{ \frac{P_z ab(l+b)}{6EI_y} - \frac{P_z ab(l+a)}{6EI_y} \right\} + Q_{zB} - \frac{1}{l} (C_{yA} - C_{yB}) \\
 X_B &= - \left[\frac{A}{I_y l} \left[\int_0^a \frac{z}{2} \left(\frac{R_{yA}}{\gamma} \sinh \gamma x - M_{yA} \cosh \gamma x - \varphi_{yA} \gamma K I_y \sinh \gamma x \right) dx \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + \int_a^l \frac{z}{2} \left\{ \frac{R_{yB}}{\gamma} \sinh \gamma(l-x) - M_{yB} \cosh \gamma(l-x) \right. \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. - \varphi_{yB} \gamma K I_y \sinh \gamma(l-x) \right\} dx \right] + \frac{A}{I_z l} \left[\int_0^a \frac{y}{2} \left(\frac{R_{zA}}{\gamma} \sinh \gamma x \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. - M_{zA} \cosh \gamma x - \varphi_{zA} \gamma K I_z \sinh \gamma x \right) dx + \int_a^l \frac{y}{2} \left\{ \frac{R_{zB}}{\gamma} \sinh \gamma(l-x) \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. - M_{zB} \cosh \gamma(l-x) - \varphi_{zB} \gamma K I_z \sinh \gamma(l-x) \right\} dx \right] \quad (32)
 \end{aligned}$$

V. 格子鋅桁鉄道橋主桁の計算

第3図の如き格子鋅桁鉄道橋 (KS-18 荷重, 単線) の主桁を, 両端の三軸弾性固定桁として, 鋼鉄道橋設計示方書 (旧規定並びに新規定) に基づき, 上述の解式 (27)~(32) 並びに (3) 式を用い計算する。





第3図 格子桁鉄道橋の一般配置図

1. 横荷重 p_x の計算

横荷重は、支持する弦材側において、 $w = 300 + 600 = 900 \text{ kg/m} = 0.9 \text{ t/m}$ 。

第4図において、格点の横荷重 $p_0, p_1, p_2 \dots p_8$ は、次の如くなる。

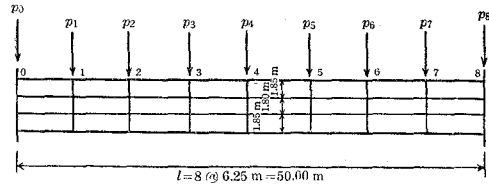
$$p_0 = p_8 = 0.9 \times \frac{6.25}{2} = 2.81 \text{ t}$$

$$p_1 = p_7 = 0.9 \times 6.25 = 5.63 \text{ t}$$

$$p_2 = p_6 = 0.9 \times 6.25 = 5.63 \text{ t}$$

$$p_3 = p_5 = 0.9 \times 6.25 = 5.63 \text{ t}$$

$$p_4 = 0.9 \times 6.25 = 5.63 \text{ t}$$



第4図 横荷重配置図

2. 主桁断面に関する諸定数

第5図参照、 G = 剪断弾性係数

$$G = \frac{mE}{2(1+m)} = 787,500 \text{ kg/cm}^2$$

但し、 $E = 2,100,000 \text{ kg/cm}^2$ (鋼材), $m = 3$ (鋼材)

$$I_z = z \text{ 軸に関する桁断面の二次モーメント}$$

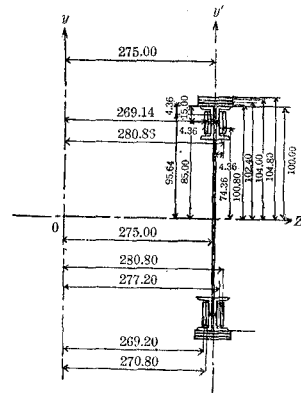
$$= 10,986,482 \text{ cm}^4$$

$$I_y = y \text{ 軸に関する桁断面の二次モーメント}$$

$$= 126,988,075 \text{ cm}^4$$

$$A = \text{断面積} = 1,679.84 \text{ cm}^2$$

$$J_d = \text{主桁断面の全振れ抵抗モーメント}$$



第5図 仮定断面図

$$= \frac{1}{3} \sum hb^3 = \frac{1}{3} \times 8,064.35 = 2,688.12 \text{ cm}^4$$

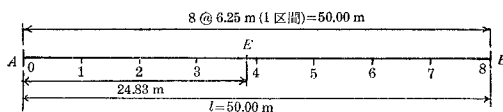
$$a = \frac{1}{h} \sqrt{2 \frac{G}{E} \frac{J_d}{J}} \doteq 0.0001$$

但し、 J =桁縁部の曲げを考える時の中心線より上、又は下の断面二次モーメント
 $= 8,986,482 \text{ cm}^4$

k_x =フランジの曲げ抵抗を考慮に入れた x 軸の周りの振り剛性係数 $= 4,150,000 \text{ cm}^4$ (仮定)

3. 主桁の立体的理論解式による応力計算

支間 50 m を 4 区分し、更に、絶対最大曲げモーメントの生ずる点、 $E(x=24.83 \text{ m})$ との 5 つの場合の最大曲げモーメントを生ずる位置に連行荷重 K-18 を載せた場合につき計算を行なう (第 6 図参照)。

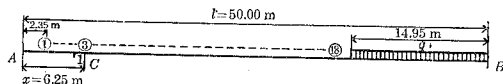


第 6 図 主桁区分点の配置

(1) 区分点 1 ($x=6.25 \text{ m}$) の場合

(a) 活荷重による $\varphi_{yA}, \varphi_{yB}, \varphi_{zA}, \varphi_{zB},$

$\varphi_{xA}, \varphi_{xB}$



第 7 図 区分点 1 に ③ が載る場合

第 7 図を参照し、(29)、(30)式を用い計算する。

$$\varphi_{yA} = 0.000176, \quad \varphi_{yB} = -0.000176, \quad \varphi_{zA} = 0.000882, \quad \varphi_{zB} = -0.000820$$

$$\varphi_{xA} = 0.000394, \quad \varphi_{xB} = -0.000366$$

(b) 衝撃による $\varphi_{yA}, \varphi_{yB}, \varphi_{zA}, \varphi_{zB}, \varphi_{xA}, \varphi_{xB}$

衝撃係数 $i=0.474$

$$\varphi_{yA} = 0.000176 \times 0.474 = 0.0000834, \quad \varphi_{yB} = -0.000176 \times 0.474 = -0.0000834$$

$$\varphi_{zA} = 0.000882 \times 0.474 = 0.000418, \quad \varphi_{zB} = -0.000820 \times 0.474 = -0.000389$$

$$\varphi_{xA} = 0.000394 \times 0.474 = 0.000187, \quad \varphi_{xB} = -0.000366 \times 0.474 = -0.000174$$

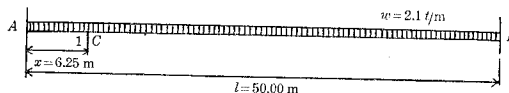
(c) 死荷重による $\varphi_{yA}, \varphi_{yB}, \varphi_{zA}, \varphi_{zB}, \varphi_{xA}, \varphi_{xB}$

第 8 図を参照し、

$$\varphi_{yA} = 0, \quad \varphi_{yB} = 0,$$

$$\varphi_{zA} = 0.000475, \quad \varphi_{zB} = -0.000475$$

$$\varphi_{xA} = 0.000114, \quad \varphi_{xB} = -0.000114$$



第 8 図 死荷重満載の場合

(d) 合成 φ_{yA} , φ_{yB} , φ_{zA} , φ_{zB} , φ_{xA} , φ_{xB}

第 1 表

種 別	φ_{yA}	φ_{yB}	φ_{zA}	φ_{zB}	φ_{xA}	φ_{xB}
活荷重による φ	0.0001760	-0.0001760	0.000882	-0.000820	0.000394	-0.000366
衝撃による φ	0.0000834	-0.0000834	0.000418	-0.000389	0.000187	-0.000174
死荷重による φ	0	0	0.000475	-0.000475	0.000114	-0.000114
合 成 φ	0.0002590	-0.0002590	0.001780	-0.001680	0.000695	-0.000654

(e) A 点における M_{xA} , M_{yA} , M_{zA} ; X_A , Y_A , Z_A

(但し, X 軸方向の軸力は零と仮定す。)

(31)式より計算し,

$$M_{xA} = 8.815 \text{ t-m} \quad (-8.815 \text{ t-m}), \quad M_{yA} = 88.50 \text{ t-m} \quad (-88.50 \text{ t-m})$$

$$M_{zA} = 1,708.38 \text{ t-m} \quad (-1,708.38 \text{ t-m}), \quad X_A = 0, \quad Y_A = 184.02 \text{ t}, \quad Z_A = 22.50 \text{ t}$$

註: 括弧内の数値は符号の是正值を示す。

(f) B 点における M_{xB} , M_{yB} , M_{zB} ; X_B , Y_B , Z_B

(但し, X 軸方向の軸力は零と仮定す。)

(32)式より計算すれば

$$M_{xB} = -8.815 \text{ t-m}, \quad M_{yB} = -88.50 \text{ t-m}, \quad M_{zB} = -1,693.16 \text{ t-m}$$

$$X_B = 0, \quad Y_B = 178.41 \text{ t}, \quad Z_B = 22.50 \text{ t}$$

(g) $x=6.25 \text{ m}$ における M_1 , Q_1

$$M_1 = -645.10 \text{ t-m}, \quad Q_1 = 137.72 \text{ t}$$

(2) 区分点 2 ($x=12.50 \text{ m}$) の場合(a) 活荷重による φ_{yA} , φ_{yB} , φ_{zA} , φ_{zB} , φ_{xA} , φ_{xB}

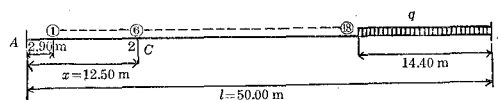
第 9 図を参照し, (29), (30) 式を用い計算

する。

$$\varphi_{yA} = 0.000176, \quad \varphi_{yB} = -0.000176$$

$$\varphi_{zA} = 0.000832, \quad \varphi_{zB} = -0.000823$$

$$\varphi_{xA} = 0.000377, \quad \varphi_{xB} = -0.000350$$

(b) 衝撃による φ_{yA} , φ_{yB} , φ_{zA} , φ_{zB} , φ_{xA} , φ_{xB} $i=0.474$ とすれば次の如き結果が得られる。

第 9 図 区分点 2 に ⑥ が載る場合

$$\varphi_{yA} = 0.0000834, \quad \varphi_{yB} = -0.0000834, \quad \varphi_{zA} = 0.000394,$$

$$\varphi_{zB} = -0.000390, \quad \varphi_{xA} = 0.000179, \quad \varphi_{xB} = -0.000166$$

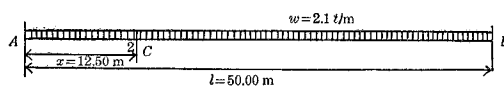
(c) 死荷重による $\varphi_{yA}, \varphi_{yB}, \varphi_{zA}, \varphi_{zB}, \varphi_{xA}, \varphi_{xB}$

第 10 図を参照し,

$$\varphi_{yA} = 0, \quad \varphi_{yB} = 0$$

$$\varphi_{zA} = 0.000475, \quad \varphi_{zB} = -0.000475$$

$$\varphi_{xA} = 0.000114, \quad \varphi_{xB} = -0.000114$$



第 10 図 死荷重満載の場合

(d) 合成 $\varphi_{yA}, \varphi_{yB}, \varphi_{zA}, \varphi_{zB}, \varphi_{xA}, \varphi_{xB}$

第 2 表

種 別	φ_{yA}	φ_{yB}	φ_{zA}	φ_{zB}	φ_{xA}	φ_{xB}
活荷重による φ	0.0001760	-0.0001760	0.000832	-0.000823	0.000377	-0.000350
衝撃による φ	0.0000834	-0.0000834	0.000394	-0.000390	0.000179	-0.000166
死荷重による φ	0	0	0.000475	-0.000475	0.000114	-0.000114
合 成 φ	0.0002590	-0.0002590	0.001700	-0.001690	0.000670	-0.000630

(e) A 点における $M_{xA}, M_{yA}, M_{zA}; X_A, Y_A, Z_A$

(但し, X 軸方向の軸力は零と仮定す。)

(31) 式より計算し

$$M_{xA} = 8.51 \text{ t-m} \quad (-8.51 \text{ t-m}), \quad M_{yA} = 88.50 \text{ t-m} \quad (-88.50 \text{ t-m}),$$

$$M_{zA} = 1,738.22 \text{ t-m} \quad (-1,738.22 \text{ t-m}), \quad X_A = 0, \quad Y_A = 180.23 \text{ t}, \quad Z_A = 22.50 \text{ t}$$

註: 括弧内の数値は符号の是正值を示す。

(f) B 点における $M_{xB}, M_{yB}, M_{zB}; X_B, Y_B, Z_B$

(但し, X 軸方向の軸力は零と仮定す。)

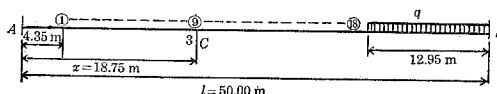
(32) 式より計算すれば

$$M_{xB} = -8.51 \text{ t-m}, \quad M_{yB} = -88.50 \text{ t-m}, \quad M_{zB} = -1,710.46 \text{ t-m},$$

$$X_B = 0, \quad Y_B = 178.70 \text{ t}, \quad Z_B = 22.50 \text{ t}$$

(g) $x=12.50 \text{ m}$ における M_2, Q_2

$$M_2 = 24.26 \text{ t-m}, \quad Q_2 = 94.28 \text{ t}$$



第 11 図 区分点 3 に (g) が載る場合

(3) 区分点 3 ($x=18.75 \text{ m}$) の場合

(a) 活荷重による $\varphi_{yA}, \varphi_{yB}, \varphi_{zA}, \varphi_{zB}, \varphi_{xA}, \varphi_{xB}$

第 11 図を参照し, (29), (30) 式を用い計算する。

$$\varphi_{yA} = 0.000176, \quad \varphi_{yB} = -0.000176, \quad \varphi_{zA} = 0.000826, \quad \varphi_{zB} = -0.000822,$$

$$\varphi_{xA} = 0.000375, \quad \varphi_{xB} = -0.000372$$

(b) 衝撃による $\varphi_{yA}, \varphi_{yB}, \varphi_{zA}, \varphi_{zB}, \varphi_{xA}, \varphi_{xB}$

$i=0.474$ とすれば次の如き結果が得られる。

$$\varphi_{yA} = 0.0000834, \quad \varphi_{yB} = -0.0000834, \quad \varphi_{zA} = 0.000392, \quad \varphi_{zB} = -0.000390,$$

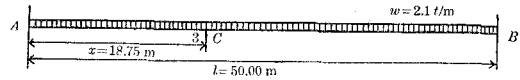
$$\varphi_{xA} = 0.000178, \quad \varphi_{xB} = -0.000176$$

(c) 死荷重による $\varphi_{yA}, \varphi_{yB}, \varphi_{zA}, \varphi_{zB}, \varphi_{xA}, \varphi_{xB}$

$$\varphi_{yA} = 0, \quad \varphi_{yB} = 0$$

$$\varphi_{zA} = 0.000475, \quad \varphi_{zB} = -0.000475$$

$$\varphi_{xA} = 0.000114, \quad \varphi_{xB} = -0.000114$$



第12図 死荷重満載の場合

(d) 合成 $\varphi_{yA}, \varphi_{yB}, \varphi_{zA}, \varphi_{zB}, \varphi_{xA}, \varphi_{xB}$

第 3 表

種 別	φ_{yA}	φ_{yB}	φ_{zA}	φ_{zB}	φ_{xA}	φ_{xB}
活荷重による φ	0.0001760	-0.0001760	0.000826	-0.000822	0.000375	-0.000372
衝撃による φ	0.0000834	-0.0000834	0.000392	-0.000390	0.000178	-0.000176
死荷重による φ	0	0	0.000475	-0.000475	0.000114	-0.000114
合 成 φ	0.0002590	-0.0002590	0.001690	-0.001690	0.000667	-0.000662

(e) A 点における $M_{xA}, M_{yA}, M_{zA}; X_A, Y_A, Z_A$

(但し, X 軸方向の軸力は零と仮定す。)

(31)式より計算し

$$M_{xA} = 8.71 \text{ t-m } (-8.71 \text{ t-m}), \quad M_{yA} = 88.50 \text{ t-m } (-88.50 \text{ t-m})$$

$$M_{zA} = 1,735.89 \text{ t-m } (-1,735.89 \text{ t-m}), \quad X_A = 0, \quad Y_A = 173.93 \text{ t}, \quad Z_A = 22.50 \text{ t}$$

註: 括弧内の数値は符号の是正值を示す。

(f) B 点における $M_{xB}, M_{yB}, M_{zB}; X_B, Y_B, Z_B$

(但し, X 軸方向の軸力は零と仮定す。)

(32)式より計算すれば,

$$M_{xB} = -8.68 \text{ t-m}, \quad M_{yB} = -88.50 \text{ t-m}, \quad M_{zB} = -1,708.70 \text{ t-m},$$

$$X_B = 0, \quad Y_B = 178.48 \text{ t}, \quad Z_B = 22.50 \text{ t}$$

(g) $x=18.75 \text{ m}$ における M_3, Q_3

$$M_3 = 458.17 \text{ t-m}, \quad Q_3 = 48.32 \text{ t}$$

(4) 区分点4 ($x=25.00$ m) の場合(a) 活荷重による φ_{yA} , φ_{yB} , φ_{zA} , φ_{zB} , φ_{xA} , φ_{xB}

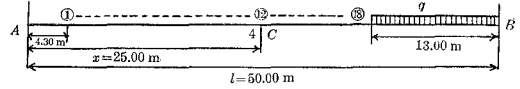
第13図を参照し, (29), (30)式を用い計

算する。

$$\varphi_{yA} = 0.000176, \quad \varphi_{yB} = -0.000176$$

$$\varphi_{zA} = 0.000829, \quad \varphi_{zB} = -0.000822$$

$$\varphi_{xA} = 0.000377, \quad \varphi_{xB} = -0.000372$$



第13図 区分点4に⑫が載る場合

(b) 衝撃による φ_{yA} , φ_{yB} , φ_{zA} , φ_{zB} , φ_{xA} , φ_{xB} 衝撃係点 $i=0.474$ とし, 次の結果を得る。

$$\varphi_{yA} = 0.0000834, \quad \varphi_{yB} = -0.0000834, \quad \varphi_{zA} = 0.000393, \quad \varphi_{zB} = -0.000390$$

$$\varphi_{xA} = 0.000179, \quad \varphi_{xB} = -0.000176$$

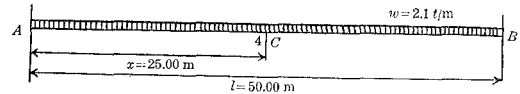
(c) 死荷重による φ_{yA} , φ_{yB} , φ_{zA} , φ_{zB} , φ_{xA} , φ_{xB}

第14図を参照し, 次の結果を得る。

$$\varphi_{yA} = 0, \quad \varphi_{yB} = 0$$

$$\varphi_{zA} = 0.000475, \quad \varphi_{zB} = -0.000475$$

$$\varphi_{xA} = 0.000114, \quad \varphi_{xB} = -0.000114$$



第14図 死荷重満載の場合

(d) 合成 φ_{yA} , φ_{yB} , φ_{zA} , φ_{zB} , φ_{xA} , φ_{xB}

第 4 表

種 別	φ_{yA}	φ_{yB}	φ_{zA}	φ_{zB}	φ_{xA}	φ_{xB}
活荷重による φ	0.0001760	-0.0001760	0.000829	-0.000822	0.000377	-0.000372
衝撃による φ	0.0000834	-0.0000834	0.000393	-0.000390	0.000179	-0.000176
死荷重による φ	0	0	0.000475	-0.000475	0.000114	-0.000114
合 成 φ	0.0002590	-0.0002590	0.001700	-0.001690	0.000670	-0.000662

(e) A点における M_{xA} , M_{yA} , M_{zA} ; X_A , Y_A , Z_A

(但し, X軸方向の軸力は零と仮定す。)

(31)式により計算し,

$$M_{xA} = 8.70 \text{ t-m} \quad (-8.70 \text{ t-m}), \quad M_{yA} = 88.50 \text{ t-m} \quad (-88.50 \text{ t-m}),$$

$$M_{zA} = 1,737.53 \text{ t-m} \quad (-1,737.53 \text{ t-m}), \quad X_A = 0, \quad Y_A = 174.57 \text{ t}, \quad Z_A = 22.50 \text{ t}$$

註: 括弧内の数値は符号の是正值を示す。

(f) B点における M_{xB} , M_{yB} , M_{zB} ; X_B , Y_B , Z_B

(但し, X 軸方向の軸力は零と仮定す)

(32)式より計算すれば

$$M_{xB} = -8.70 \text{ t-m}, \quad M_{yB} = -88.50 \text{ t-m}, \quad M_{zB} = -1,708.98 \text{ t-m}$$

$$X_B = 0, \quad Y_B = 179.07 \text{ t}, \quad Z_B = 22.50 \text{ t}$$

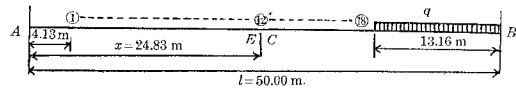
(g) $x=25.00 \text{ m}$ における M_4, Q_4

$$M_4 = 619.33 \text{ t-m}, \quad Q_4 = 7.10 \text{ t}$$

(5) 区分点 E ($x=24.83 \text{ m}$) の場合

(a) 活荷重による $\varphi_{yA}, \varphi_{yB}, \varphi_{zA}, \varphi_{zB}, \varphi_{xA}, \varphi_{xB}$

第 15 図を参照し, (29), (30) 式を用い計算する。



第 15 図 区分点 E に ① が載る場合

$$\varphi_{yA} = 0.000176, \quad \varphi_{yB} = -0.000176$$

$$\varphi_{zA} = 0.000830, \quad \varphi_{zB} = -0.000823$$

$$\varphi_{xA} = 0.000376, \quad \varphi_{xB} = -0.000373$$

(b) 衝撃による $\varphi_{yA}, \varphi_{yB}, \varphi_{zA}, \varphi_{zB}, \varphi_{xA}, \varphi_{xB}$

衝撃係数 $i=0.474$ とし次の結果を得る。

$$\varphi_{yA} = 0.0000834, \quad \varphi_{yB} = -0.0000834, \quad \varphi_{zA} = 0.000393, \quad \varphi_{zB} = -0.000390$$

$$\varphi_{xA} = 0.000178, \quad \varphi_{xB} = -0.000177$$

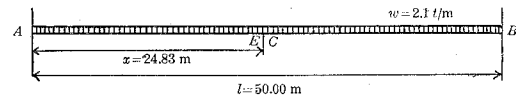
(c) 死荷重による $\varphi_{yA}, \varphi_{yB}, \varphi_{zA}, \varphi_{zB}, \varphi_{xA}, \varphi_{xB}$

第 16 図を参照し, 次の結果を得る

$$\varphi_{yA} = 0, \quad \varphi_{yB} = 0,$$

$$\varphi_{zA} = 0.000475, \quad \varphi_{zB} = -0.000475$$

$$\varphi_{xA} = 0.000114, \quad \varphi_{xB} = -0.000114$$



第 16 図 死荷重満載の場合

(d) 合成 $\varphi_{yA}, \varphi_{yB}, \varphi_{zA}, \varphi_{zB}, \varphi_{xA}, \varphi_{xB}$

第 5 表

種 別	φ_{yA}	φ_{yB}	φ_{zA}	φ_{zB}	φ_{xA}	φ_{xB}
活荷重による φ	0.0001760	-0.0001760	0.000830	-0.000823	0.000376	-0.000373
衝撃による φ	0.0000834	-0.0000834	0.000393	-0.000390	0.000178	-0.000177
死荷重による φ	0	0	0.000475	-0.000475	0.000114	-0.000114
合 成 φ	0.0002590	-0.0002590	0.001700	-0.001690	0.000668	-0.000664

(e) A 点における $M_{xA}, M_{yA}, M_{zA}; X_A, Y_A, Z_A$

(但し, X 軸方向の軸力は零と仮定す)

(31) 式により計算し

$$M_{xA} = 8.70 \text{ t-m } (-8.70 \text{ t-m}), \quad M_{yA} = 88.50 \text{ t-m } (-88.50 \text{ t-m}),$$

$$M_{zA} = 1,739.16 \text{ t-m } (-1,739.16 \text{ t-m}), \quad X_A = 0, \quad Y_A = 176.37 \text{ t}, \quad Z_A = 22.50 \text{ t}$$

註: 括弧内の数値は符号の是正值を示す。

(f) B 点における $M_{xB}, M_{yB}, M_{zB}; X_B, Y_B, Z_B$

(但し, X 軸方向の軸力は零と仮定す)

(32) 式より計算すれば

$$M_{xB} = -8.70 \text{ t-m}, \quad M_{yB} = -88.50 \text{ t-m}, \quad M_{zB} = -1,708.20 \text{ t-m},$$

$$X_B = 0, \quad Y_B = 177.01 \text{ t}, \quad Z_B = 22.50 \text{ t}$$

(g) $x=24.83 \text{ m}$ における M_E, Q_E

$$M_E = 641.35 \text{ t-m}, \quad Q_E = 9.26 \text{ t-m}$$

4. 主桁の断面決定

(1) 中央部の断面

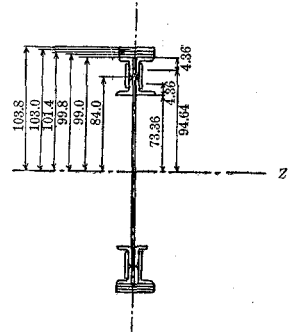
主桁中央部の絶対最大曲げモーメント合成

$M_E = +641.35 \text{ t-m}$ により, 主桁中央部断面の経済的高さを求めれば, 約 190 cm となるが, 今, 中央部の高さ (山形背面間距離) $h = 198 \text{ cm}$ と決定する。第 17 図を参照し, 断面積, z 軸に関する慣性モーメントを求めれば次の如くなる。

断面積 A

{	4- L_s	150×150×19	4×53.38 = 213.52 cm ²
	4- L_s	150×150×19	4×53.38 = 213.52 cm ²
	2- pl_s	360×16	2×36×1.6 = 115.20 cm ²
	2- pl_s	360×16	2×36×1.6 = 115.20 cm ²
	2- pl_s	360×16	2×36×1.6 = 115.20 cm ²
	4- pl_s	240×16	4×24×1.6 = 153.60 cm ²
	1- pl	1,980×30	193×3 = 594.00 cm ²

$$A = 1,520.24 \text{ cm}^2$$



第 17 図

主桁中央部の決定断面

z 軸に関する慣性モーメント I_z

{	4- L_s	150 × 150 × 19	213.52 × 94.62 ² = 1,911,631.75 cm ⁴
			4 × 1,098 = 4,392.00 cm ⁴
{	4- L_s	150 × 150 × 19	213.52 × 73.36 ² = 1,149,098.45 cm ⁴
			4 × 1,098 = 4,392.00 cm ⁴
	2- pl_s	360 × 16	115.20 × 99.8 ² = 1,147,396.61 cm ⁴
	2- pl_s	360 × 16	115.20 × 101.4 ² = 1,184,481.79 cm ⁴
	2- pl_s	360 × 16	115.20 × 103.0 ² = 1,222,156.80 cm ⁴
	4- pl_s	240 × 16	153.60 × 82 ² = 1,083,801.60 cm ⁴
	1- pl	1,980 × 30	$\frac{1}{12} \times 3 \times 198^3 = 1,940,598.00$ cm ⁴
			$I_z = 9,648,949.00$ cm ⁴

$$\sigma_c = \frac{64,135,000 \times 103.8}{9,648,949.00} = 690 \text{ kg/cm}^2 < f_c = 949 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{旧規定})$$

$$< f = 1,049 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{新規定})$$

$$\sigma_t = 753 \text{ kg/cm}^2 < f_t = 1,200 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{旧規定})$$

$$< f_t = 1,300 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{新規定})$$

故に、充分安全であるが、中央断面では、特に横振れと、振り挫屈に備え、以上の断面に決定する。なお仮定断面 1,679.84 cm² より少しく小さかった。

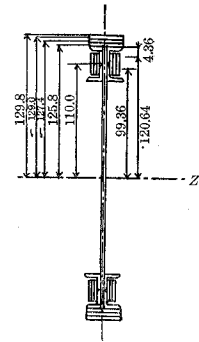
(2) 端部の断面

主桁端部の絶対最大曲げモーメント

$M_{zA} = -1,739.16 \text{ t-m}$ により、主桁端部断面の経済的高さを求めれば、約 250 cm となるので、端部主桁の高さ (山形背面間距離) を $h = 250 \text{ cm}$ と決定する。第 18 図を参照し、断面積、z 軸に関する慣性モーメント I_z を求めれば次の如くなる。

断面積 A

{	4- L_s	150 × 150 × 19	4 × 53.38 = 213.52 cm ²
			4 × 53.38 = 213.52 cm ²
	2- pl_s	360 × 16	2 × 36 × 1.6 = 115.20 cm ²
	2- pl_s	360 × 16	2 × 36 × 1.6 = 115.20 cm ²
	2- pl_s	360 × 16	2 × 36 × 1.6 = 115.20 cm ²
	12- pl_s	240 × 16	12 × 24 × 1.6 = 460.80 cm ²
	1- pl	2,500 × 30	250 × 3 = 750.00 cm ²
			$A = 1,983.44$ cm ²



第 18 図

主桁端部の決定断面

z 軸に関する慣性モーメント I_z

{	4- L_s	150×150×9	{	$213.52 \times 120.64^2 = 3,107,572.13 \text{ cm}^4$
				$4 \times 1,098 = 4,392.00 \text{ cm}^4$
{	4- L_s	150×150×19	{	$213.52 \times 99.36^2 = 2,107,956.90 \text{ cm}^4$
				$4 \times 1,098 = 4,392.00 \text{ cm}^4$
	2- pl_s	360×16		$115.20 \times 129^2 = 1,917,043.20 \text{ cm}^4$
	2- pl_s	360×16		$115.20 \times 127.4^2 = 1,869,783.55 \text{ cm}^4$
	2- pl_s	360×16		$115.20 \times 125.8^2 = 1,823,113.73 \text{ cm}^4$
	12- pl_s	240×16		$460.80 \times 110^2 = 5,575,680.00 \text{ cm}^4$
	1- pl	2,500×30		$\frac{1}{12} \times 3 \times 250^3 = 3,906,250.00 \text{ cm}^4$
				$I_z = 20,316,183.51 \text{ cm}^4$

$$\sigma_c = \frac{173,916,000 \times 129.8}{20,316,183.51} = 1,110 \text{ kg/cm}^2 < f_c = 1,139 \text{ kg/cm}^2 \text{ (新規定)}$$

$$\sigma_t = 1,210 \text{ kg/cm}^2 < f_t = 1,300 \text{ kg/cm}^2 \text{ (新規定)}$$

$$\begin{aligned} \tau_{\max} &= \frac{881,500}{4,060} \times 3 = 651 \text{ kg/cm}^2 < f_s = 950 \text{ (純断面当り)} \times 0.80 \\ &= 760 \text{ kg/cm}^2 \text{ (旧規定, 総断面当り換算)} \\ &< f_s = 800 \text{ kg/cm}^2 \text{ (新規定, 総断面当り)} \end{aligned}$$

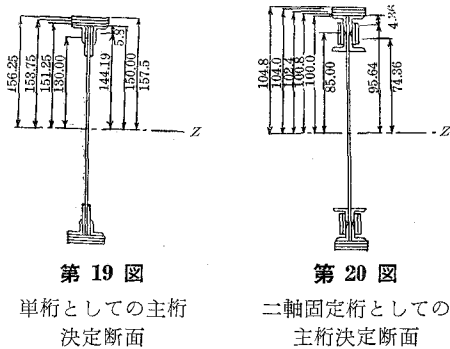
故に、安全

註： τ_{\max} は端部に於ける捩りモーメント M_{zA} , M_{zB} による最大剪断応力を示す。

端部においては、支承部桁に充分鈎結せられるので、横振れ、捩り挫屈に対し安全度が高く、許容応力を新規定によつて増大する。

VI. 結 論

格子鈎桁鉄道橋の主桁について、弾性的両端固定桁の三軸理論による著者の解式により計算せる結果を両端単純支持の鈎桁橋 (第 19 図) 及び二軸両端固定の鈎桁橋 (第 20 図) の計算結果と比較して見れば、単純鈎桁橋の桁高 3.0 m に対し、両端の三軸弾性固定の鈎桁橋では 1.98 m となり、断面は、単純鈎桁橋の $2,455 \text{ cm}^2$ に対し、 $1,520.24 \text{ cm}^2$ となり、遙かに小さいもので足りる事が分つた。また、両端の三軸弾性固定桁を二軸両端固定桁と比較すると、二軸の場合は、断面 $1,679.84 \text{ cm}^2$ となり、三軸の場合が



幾分(約10%)小さくて済む事が分つた。すなわち、支間中央部の絶対最大曲げモーメント合成 M_E は、二軸の場合 811.44 t-m に対し、三軸の場合は、641.35 t-m となり、大分小さくなっている。然し、端部における z 軸の周りの曲げモーメント M_z は、二軸の場合 -1,571.16 t-m に比し、三軸の場合は、-1,739.16 t-m になり、少しく大きくなる事が分つた。また、三軸応力状態においては、 y 軸の周りの曲げモーメント M_{yA} , M_{yB} の他、 x 軸の周りの振りモーメント M_{xA} , M_{xB} なども無視出来ない程度に生ずる事が計算結果より明白であり、本解式は、単純鋳桁橋、二軸両端固定鋳桁橋の理論よりも遙かに実際に近いものと考えられ、格子鋳桁橋の計算に本理論の採用を提唱する次第である。なお最後に、本研究の計算に協力下さつた室蘭工業大学土木工学科昭和31年度卒業生、島田純君の努力に深謝する。

(昭和33年5月土木学会年次学術講演会において発表予定)

(昭和33年4月30日受理)