

曲げねじりを考慮した曲線格子桁の 荷重分配性状について

正員 稼 農 知 徳*

I. ま え が き

さきに曲線格子桁の荷重分配性状について¹⁾ 発表した論文は閉じ断面で特に曲げねじり抵抗 (C_M or J_w) が零である曲線桁を横桁と組合せた曲線格子桁について吟味したものである。しかし実在橋梁においては曲げねじり抵抗が大で、ねじり抵抗 (J_d) の小さい π 断面や I 断面および J_w が小で、 J_d の大きい箱断面等が多く用いられており、曲げねじりを考慮しなければならない場合が多い。そこで曲げねじりを考慮した曲線桁を解析し、次いでその曲線桁を用いて曲げねじりを考慮した曲線格子桁として、曲線格子桁形状、断面常数などの荷重分配への影響を考察し、曲線格子桁の経済的な設計に対する資料を求めんとするものである。

II. 曲線桁の曲げねじり理論の概要

一軸対称開き断面で支間方向断面が定断面の薄肉曲線桁の曲げねじりを考慮した解析の概要を示す。ここで主な仮定をあげると次のとおりである。桁は変形のない状態では平面的のみ曲線であり、断面は曲率平面と直角の対称軸を一つもつこと。断面形は保持されること。セン断力と曲げねじりによるセン断変形は無視されること等である。

1. 記 号

座標、変位および断面力についての記号は図-1の通りであるが主な記号あげると次のとおりである。

A = 断面積

H = 全ねじりモーメント (図-1. a)

H_d = 一次ねじりモーメント (St. Venant ねじりモーメント)

H_w = 二次ねじりモーメント (曲げねじりモーメントの一回微分)

J_x, J_y = x, y 軸に関する断面二次モーメント

J_d = ねじり抵抗

J_w = 曲げねじり抵抗 (C_M)

$$k = \sqrt{\frac{GJ_d}{EJ_w}}, \quad \lambda = \sqrt{\frac{GJ_d}{EJ_w}} \cdot r = k \cdot r$$

M_x, M_y = 曲げモーメント

M_w = 曲げねじりモーメント

N = 軸力

u, v = $+x$ 又は $-y$ 方向のセン断中心の変位

w = $+z$ 方向への重心の変位

x, y = 主軸

y_M = セン断中心からの距離、 $+y$ 方向にはかる。

z, z' = 曲線重心軸の縦座標で左右支点からとる。

$$\gamma = r^2 \frac{J_x}{J_w}$$

ϑ = ねじり角 図-1. a のようにとるのを正とする。

$$\kappa = \frac{EJ_x}{GJ_d}$$

ω = 単位そり

(γ) = z による導関数 = $r \cdot d\varphi$

但し z', β' および φ' を除く

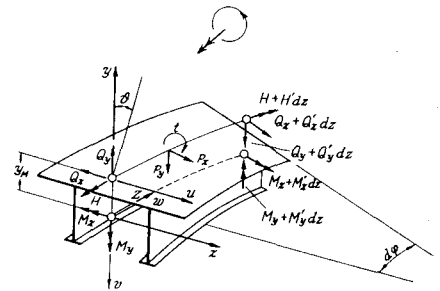


図-1. a

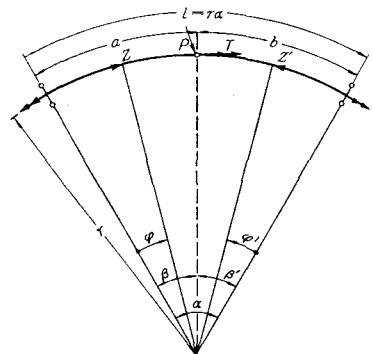


図-1. b

* 北海道大学工学部助教授 工修

2. 釣合条件式

曲線桁の隣合った半径の平面で切られた微小片を図-1・aに示す。等布ねじりモーメントの分力 p_x, p_y は等布荷重としてセン断軸に作用し、全ねじりモーメント H の横力 Q_x, Q_y もセン断軸に働く。曲げモーメント M_x, M_y は主軸 x, y に関して、軸力 N は重心に作用する。

x, y, z 方向の分力の釣合条件から式 (1) を得る。

$$\left. \begin{aligned} Q'_x + \frac{N}{r} + p_x &= 0 \\ Q'_y + p_y &= 0 \\ N' - \frac{Q_x}{r} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

x, y 軸に関するモーメントと、重心軸の接線に関するモーメントの釣合条件から式 (2) を得る。

$$\left. \begin{aligned} M'_x + \frac{1}{r} (H + Q_x \cdot y_M) - Q_y &= 0 \\ M'_y - Q_x &= 0 \\ H' - \frac{1}{r} (M_x + N \cdot y_M) + t &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

3. 弾性関係式

3.1 曲線桁の St. Venant torsion によるねじり角とそり

ねじりモーメント H_d と直線桁のねじり角との関係は、

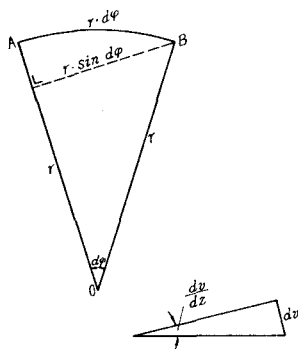


図-2

$$\frac{d\theta}{dz} = \frac{H_d}{GJ_d} \quad (3.a)$$

図-2に示すように、軸 A-O に関して角 dv/dz だけ傾けると、元来が曲率平面内にある直線 B-O を角 $d\theta_B$ だけねじる。

$$d\theta_B = -\frac{1}{r} \cdot \frac{dv}{dz} \cdot r \sin d\varphi \approx -\frac{dv}{dz} \cdot d\varphi$$

微小長さ dz についての附加ねじり角は式 (3.b) となる。

$$\frac{d\theta}{dz} = \frac{d\theta_B}{dz} = \frac{d\theta_B}{r \cdot d\varphi} = -\frac{1}{r} \cdot \frac{dv}{dz} \quad (3.b)$$

従って式 (3.a) と (3.b) により全ねじり角は、

$$\frac{d\theta}{dz} = \frac{H_d}{GJ_d} - \frac{1}{r} \cdot \frac{dv}{dz}, \text{ 又は}$$

$$\frac{H_d}{GJ_d} = \frac{d\theta}{dz} + \frac{1}{r} \cdot \frac{dv}{dz}$$

これを簡単のために z の導関数を $\frac{d}{dz} = ()'$ であらわして式 (3.c) とおくと、式 (3) を得る。

$$\theta = \vartheta + \frac{v}{r} \quad (3.c)$$

$$\frac{H_d}{GJ_d} = \vartheta' + \frac{v'}{r} = \theta' \quad (3)$$

直線桁で軸 D に関して桁のねじりがあると、断面平面内の点にそりが生じる。

$$w = -\omega_D \cdot \vartheta' \quad (4.a)$$

式 (4.a) の単位そり ω_D をねじり軸 D について計算すると、

$$\omega_D = -\bar{\omega}_D + \omega_{D0} \quad (4.b)$$

$$\bar{\omega}_D = \int_0^s r_D ds, \quad \omega_{D0} = \int_A \bar{\omega}_D dA/A$$

式 (3.b) により曲線桁で dv/dz だけ桁の軸が傾くことにより横断面のねじりが生ずるが横断面のねじりにはそりが伴わないから桁全体のねじりから差引かねばならない。

式 (3.b) と (4.a) から式 (4) が得られる。

$$\begin{aligned} w &= -\omega_D \left[\frac{d\theta}{dz} - \left(-\frac{1}{r} \cdot \frac{dv}{dz} \right) \right] \\ w &= -\omega_D \left(\vartheta' + \frac{v'}{r} \right) = -\omega_D \cdot \theta' \end{aligned} \quad (4)$$

3.2 直応力による断面力

断面平面内の前述の仮定の下で断面変位は u, v, ϑ で表わされ、任意の断面内の点 P (x, y) の変位は次のようになる。

$$\bar{u} = u + (y - y_M) \cdot \vartheta \quad (5.a)$$

$$\bar{v} = v + x \cdot \vartheta \quad (5.b)$$

この変形のほかに z 軸方向に断面からのそり変位 $\bar{w}$ がある。

$$\bar{w} = w + v' \cdot y - \phi_M \cdot x - \omega_M \cdot \theta'$$

$$\bar{w} = w + v' \cdot y - \left(\frac{w}{r} + \frac{y_M}{r} \cdot v' + u' \right) x - \theta' \cdot \omega_M \quad (5.c)$$

横断面の点 P を通り $(r-x)d\varphi$ の長さをもつ断面の繊維方向の伸びは繊維方向の長さ $(r-x)d\varphi$ による変位 $\bar{w}$ の変化と桁の曲率平面内の繊維方向の変形 $\bar{u}$ とからなっているから、

$$\varepsilon = \frac{d\bar{w}}{(r-x)d\varphi} - \frac{\bar{u}}{r-x} = \left(\frac{d\bar{w}}{dz} - \frac{\bar{u}}{r} \right) \cdot \frac{r}{r-x} \quad (6.a)$$

式 (6.a) に式 (5.a) と (5.c) を代入すれば、

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \left[w' + v'' \cdot y - \left(\frac{w'}{r} + \frac{y_M}{r} \cdot v'' + u'' \right) \cdot x \right. \\ &\quad \left. - \theta'' \cdot \omega_M - \frac{u}{r} - \frac{y - y_M}{r} \cdot \vartheta \right] \cdot \frac{r}{r-x} \end{aligned} \quad (6.b)$$

フックの法則 $\sigma = E \cdot \varepsilon$ を用いて $\frac{r}{r-x} \doteq 1$ とおけるから

$$\sigma = E \cdot \left[w' + v'' \cdot y - \left(\frac{w'}{r} + \frac{yM}{r} \cdot v'' + u'' \right) \cdot x - \theta'' \cdot \omega_M - \frac{u}{r} - \frac{yM}{r} \cdot g \right] \quad (6 \cdot c)$$

直応力 σ を断面について積分すると、4 種の断面力が得られ次のように定義される。

$$\left. \begin{aligned} M_x &= - \int_A \sigma \cdot y dA \\ M_y &= \int_A \sigma \cdot x dA \\ M_w &= \int_A \sigma \cdot \omega_M dA \\ N &= \int_A \sigma \cdot dA \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{曲げモーメント} \\ \text{曲げねじりモーメント} \\ \text{軸力} \end{array} \quad (7)$$

式 (7) に式 (6・c) を代入すれば、

$$M_x = -EJ_x \cdot \left(v'' - \frac{g}{r} \right) \quad (8)$$

$$M_y = -EJ_y \cdot \left(\frac{w'}{r} + \frac{yM}{r} \cdot v'' + u'' \right) \quad (9)$$

$$M_w = -EJ_w \cdot \theta'' \quad (10)$$

$$N = EA \cdot \left(w' - \frac{u}{r} - \frac{yM}{r} \cdot g \right) \quad (11)$$

式 (6・c) に式 (7)~(11) を代入すれば式 (12) を得る。

$$\sigma = \frac{N}{A} - \frac{M_x}{J_x} \cdot y + \frac{M_y}{J_y} \cdot x + \frac{M_w}{J_w} \omega_M \quad (12)$$

4. 曲げねじり基礎微分方程式

式 (10) より曲げねじりモーメントの式は、

$$M_w = -EJ_w \cdot \theta'', \quad \text{ここで } \theta'' = g'' + \frac{v''}{r}$$

式 (10) を微分すれば二次ねじりモーメントが得られる。

$$H_w = -EJ_w \cdot \theta'''$$

これに一次ねじりモーメント (St. Venant のねじり) $H_d = GJ_d \cdot \theta'$ を加えると全ねじりモーメントが求められる。

$$H = H_w + H_d = -EJ_w \cdot \theta''' + GJ_d \cdot \theta' \quad (13)$$

今、釣合条件式 (2・c) を式 (13) に代入すれば θ に関する微分方程式が得られる。

$$\theta^{IV} - k^2 \cdot \theta'' = \frac{1}{EJ_w} \cdot \left(t - \frac{M_x + N \cdot y_M}{r} \right) \quad (14)$$

曲げねじりモーメントの式 (10) によると、曲率平面に直角方向の荷重に対しては $N = 0$ であるから M_w に関する微分方程式が求められる。

$$M_w'' - k^2 \cdot M_w = - \left(t - \frac{M_x}{r} \right) \quad (15)$$

$$\text{ここで } k = \sqrt{\frac{GJ_d}{EJ_w}} \quad (16)$$

5. 垂直変位 v に関する基礎微分方程式

曲率平面に垂直に載荷する曲線桁では $p_x = Q_x = M_y = N = 0$ である。垂直変位 v に関する基礎微分方程式は式 (8) から

$$v'' - \frac{g}{r} = - \frac{M_x}{EJ_x} \quad (17)$$

式 (3) から、

$$\theta = g + \frac{v}{r} = \frac{1}{GJ_d} \int H_d \cdot dz \quad (18)$$

式 (17) と (18) とにより g を消去すると、式 (19) を得る。

$$v'' + \frac{v}{r^2} = - \frac{M_x}{EJ_x} + \frac{1}{rGJ_d} \int H_d \cdot dz \quad (19)$$

又一方、式 (17) と (18) とにより

$$\theta = g + \frac{v}{r} = r \cdot \left(v'' + \frac{M_x}{EJ_x} \right) + \frac{v}{r} \quad (20)$$

式 (20) を式 (13) に代入すれば、5 階の微分方程式を得る。

$$\begin{aligned} v^V + \left(\frac{1-r^2k^2}{r^2} \right) v''' - \frac{k^2}{r^2} v' = - \frac{1}{EJ_x} M_x'' \\ + \frac{k^2}{EJ_x} M_x' - \frac{1}{rEJ_w} \cdot H \end{aligned} \quad (21)$$

又、式 (20) を式 (14) に代入すれば 6 階の微分方程式を得る。

$$\begin{aligned} v^{VI} + \left(\frac{1-r^2k^2}{r^2} \right) v^{IV} - \frac{k^2}{r^2} v'' = - \frac{1}{EJ_x} M_x^{IV} \\ + \frac{k^2}{EJ_x} M_x'' - \frac{1}{rEJ_w} \left(\frac{M_x}{r} - t \right) \end{aligned} \quad (22)$$

6. 微分方程式の一般解

我々が一般に設計する曲線桁は図-1・b に示すような円弧曲線桁であるがここに前節微分方程式の一般解を示す。

6・1 曲げねじりモーメント M_w に関する微分方程式の解

$$M_w'' - k^2 \cdot M_w = f_1(z)$$

$$\begin{aligned} f_1(z) = a + b_1 \frac{z}{r} + b_2 \left(\frac{z}{r} \right)^2 + c \cdot \sin \left(\frac{z}{r} \right) \\ + d \cdot \cos \left(\frac{z}{r} \right) + e \cdot \frac{z}{r} \sin \left(\frac{z}{r} \right) \\ + f \cdot \frac{z}{r} \cos \left(\frac{z}{r} \right) \end{aligned}$$

とおくとき、余関数を加えた解 M_w は式 (23) となる。

$$\begin{aligned} M_w = C_1 \cdot \cos h(kz) + C_2 \sin h(kz) \\ - \frac{1}{k^2} \left(a + \frac{2b_2}{k^2 r^2} \right) - \frac{b_1}{k^2} \cdot \frac{z}{r} - \frac{b_2}{k^2} \cdot \left(\frac{z}{r} \right)^2 \\ - \left\{ c \cdot \frac{r^2}{1+r^2k^2} - f \cdot \frac{2r^2}{(1+r^2k^2)^2} \right\} \sin \left(\frac{z}{r} \right) \\ - \left\{ d \cdot \frac{r^2}{1+r^2k^2} + e \cdot \frac{2r^2}{(1+r^2k^2)^2} \right\} \cos \left(\frac{z}{r} \right) \\ - e \cdot \frac{r^2}{1+r^2k^2} \cdot \frac{z}{r} \sin \left(\frac{z}{r} \right) \\ - f \cdot \frac{r^2}{1+r^2k^2} \cdot \frac{z}{r} \cos \left(\frac{z}{r} \right) \end{aligned} \quad (23)$$

6.2 ねじり率 θ に関する微分方程式の解

$$\theta^{\text{IV}} - k^2 \theta'' = f_1(z)$$

余関数を加えた解 θ は式 (24) となる。

$$\begin{aligned} \theta = & C_1 + C_2 z + C_3 \cos h(kz) + C_4 \sin h(kz) \\ & - \frac{r^2}{2k^2} \left(a + \frac{2b_2}{r^2 k^2} \right) \left(\frac{z}{r} \right)^2 - b_1 \frac{r^2}{6k^2} \cdot \left(\frac{z}{r} \right)^3 \\ & - b_2 \frac{r^2}{12k^2} \left(\frac{z}{r} \right)^4 + \left\{ c \cdot \frac{r^4}{1+r^2 k^2} \right. \\ & \left. - f \cdot \frac{2r^4 \{2+r^2 k^2\}}{(1+r^2 k^2)^2} \right\} \cdot \sin \left(\frac{z}{r} \right) \\ & + \left\{ d \cdot \frac{r^4}{1+r^2 k^2} + e \cdot \frac{2r^4 \{2+r^2 k^2\}}{(1+r^2 k^2)^2} \right\} \cdot \cos \left(\frac{z}{r} \right) \\ & + e \frac{r^4}{1+r^2 k^2} \cdot \frac{z}{r} \cdot \sin \left(\frac{z}{r} \right) \\ & + f \frac{r^4}{1+r^2 k^2} \cdot \frac{z}{r} \cos \left(\frac{z}{r} \right) \end{aligned} \quad (24)$$

6.3 垂直変位 v に関する微分方程式の解

$$v'' + \frac{v}{r^2} = f_2(z)$$

$$\begin{aligned} f_2(z) = & a + b_1 \frac{z}{r} + b_2 \left(\frac{z}{r} \right)^2 + c \cdot \sin \left(\frac{z}{r} \right) \\ & + d \cdot \cos \left(\frac{z}{r} \right) + e \frac{z}{r} \cdot \sin \left(\frac{z}{r} \right) \\ & + f \cdot \frac{z}{r} \cdot \cos \left(\frac{z}{r} \right) + g \cdot \sin h(kz) + h \cdot \cos h(kz) \end{aligned}$$

とおくとき、余関数を加えた解 v は式 (25) となる。

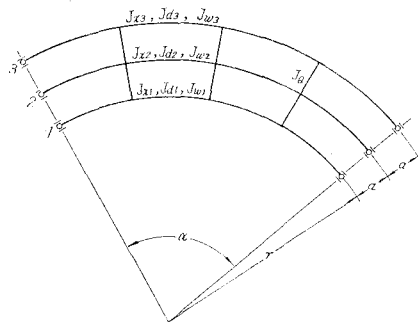
$$\begin{aligned} v = & C_1 \cos \left(\frac{z}{k} \right) + C_2 \sin \left(\frac{z}{r} \right) + (a-2b) r^2 + b_1 r^2 \cdot \frac{z}{r} \\ & + b_2 r^2 \left(\frac{z}{r} \right)^2 - \left\{ c - \frac{f}{2} \right\} \frac{r^2}{2} \left(\frac{z}{r} \right) \cos \left(\frac{z}{r} \right) \\ & + \left\{ d + \frac{e}{2} \right\} \frac{r^2}{2} \left(\frac{z}{r} \right) \sin \left(\frac{z}{r} \right) \\ & - \frac{e}{4} \left(\frac{z}{r} \right)^2 \cos \left(\frac{z}{4} \right) + \frac{f}{4} \left(\frac{z}{r} \right)^2 \sin \left(\frac{z}{r} \right) \\ & + g \cdot \frac{1}{1+r^2 k_2} \sinh(kz) + h \cdot \frac{1}{1+r^2 k^2} \cosh(kz) \end{aligned} \quad (25)$$

全く同様にして式 (21) と式 (22) の微分方程式の解を求められたが割愛する。以上の微分方程式の解に任意の荷重状態、境界条件を適用し係数を決めると良い。式 (15) より M_w が得られると M_w を微分して $H_w = M'_w$ を得る。従って式 (13) から $H_d = H - H_w$ を求められる。 H_d を式 (19) に代入して v を求め得る。又一方、式 (14) より θ を求め式 (3・c) よりねじり角 $\vartheta = \theta - \frac{v}{r}$ を得る。

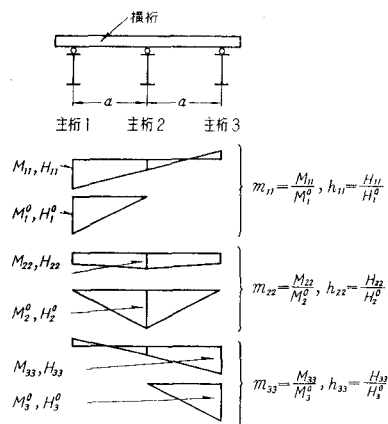
III. 曲線格子桁の荷重分配性状

図3・aのように曲線主桁3本を等間隔に並列させ、3本の横桁とヒンジ結合した曲線格子桁について解析し図3・bのように荷重分配率 m_{ii} 、 h_{ii} を定義する。この荷重分配率を指標として曲線格子桁の形状、断面常数などの変化に

伴う分配率の性状を吟味し、あわせてその経済性を考察してみた。その結論は次のとおりである。



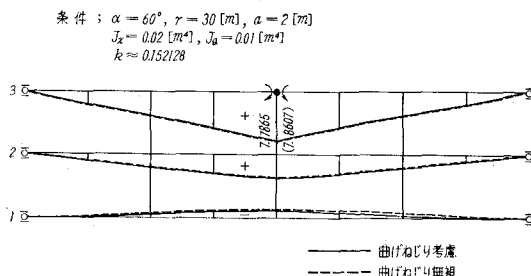
图—3·a



图—3·b

1. 曲線格子桁の曲げねじりを考慮した場合の断面力および変形への影響

図-4~7に示すように曲げモーメントとねじりモーメントへの影響に関しては曲げねじりを無視した場合と比較してその差異は非常に少ない。しかし変形量である撓み w とねじり角 θ については非常にその影響は大である。曲げねじりを考慮することにより変形量が少なくなるので経済的な設計ができるわけである。これは、曲げ理論に於いて水



図—4 主桁3の支間中央点における曲げモーメント影響線

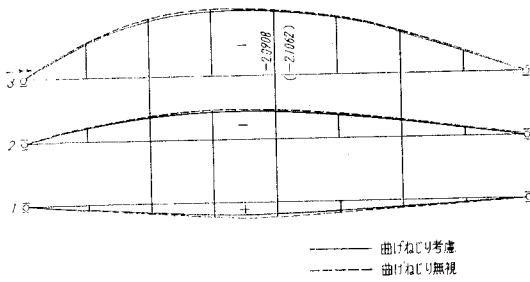


図-5 主桁3の支点におけるねじりモーメント影響線

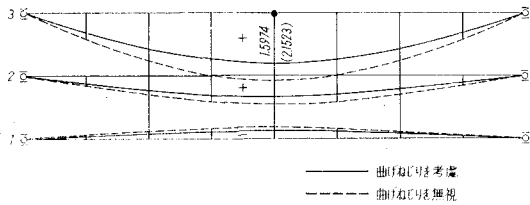


図-6 主桁3の支間中央点における撓み影響線

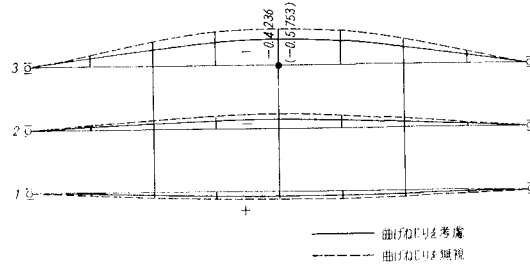


図-7 主桁3の支間中央点におけるねじり角影響線

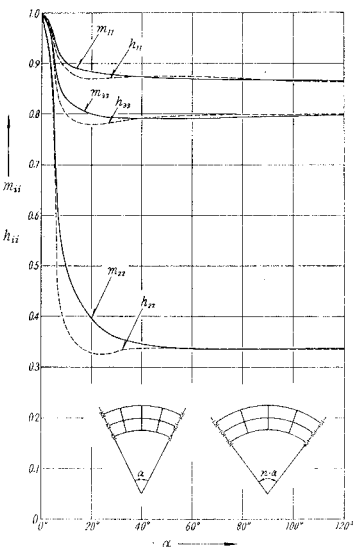


図-8

平軸力と曲げ荷重を受けた桁と対比することができ、又吊橋における撓度理論に通ずるものである。但し、曲げねじりモーメントによる応力の増大があるので、その経済性を論ずる場合はその影響を考慮する必要がある。

2. 格子桁形状による分配率への影響

図-8 は他のすべての Factor を一定にして中心角 α を変化させた場合の分配率の変化を示したものである。 α が大きくなると分配率は良くなるが $\alpha=60^\circ$ 以上では大きな差異はないことがわかる。又図-9 は曲率半径 r と主桁間隔 a との比 r/a を変化させた場合の分配率の変化を示したものである。半径 r が大きいとか又は主桁間隔 a が小さい場

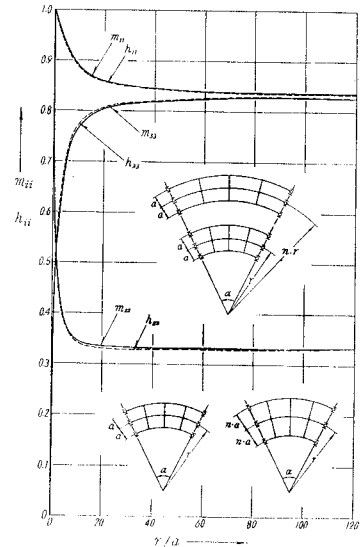


図-9

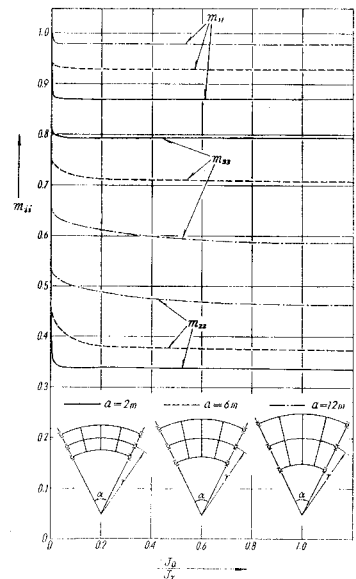


図-10

合、内側主桁と中間主桁の分配率は良くなり外側主桁は悪くなる。しかしある程度からは、その変化は一定となっていく。

ここで $(\alpha \cdot r/a)$ という比をとり分配率を調べると、半径 r を n 倍し主桁間隔 a を n 倍すると、分配率は同じくなり相似律が成立つが、中心角 α を n 倍し同時に a を n 倍しても相似律は成立たない。

3. 断面常数による分配率への影響

図-10 は断面二次モーメント J_x と、横桁断面二次モー

メント J_Q との比 J_Q/J_x を変化させた場合の分配率の変化を示したものである。主桁間隔 a の変化で分配率大きく変動するが、いずれにせよ横桁の曲げ剛性は主桁の曲げ剛性の $1/10$ 位が最も経済的であることが分る。

図-11 は主桁断面二次モーメント J_x を内側、中間および外側主桁へと一様に増大させた場合の分配率の変化を示したものである。例えば、横軸の1の値は3本の主桁の断面二次モーメントが等しい場合、2の値は中間主桁の断面二次モーメントが内側主桁の2倍、外側主桁の断面二次モー

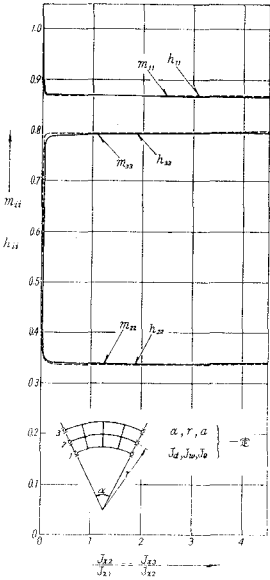


図-11

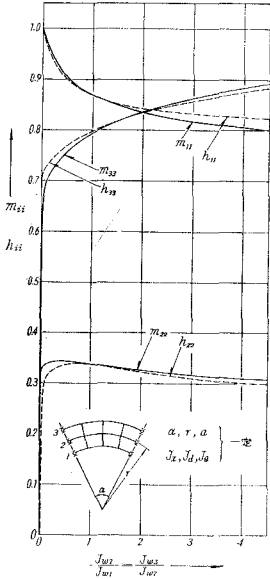


図-13

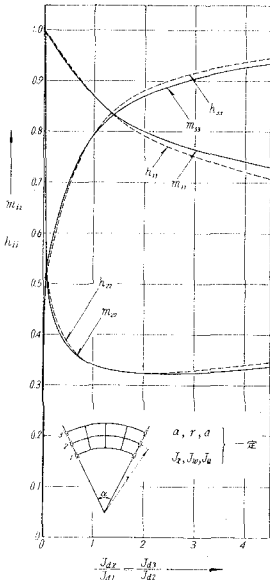


図-12

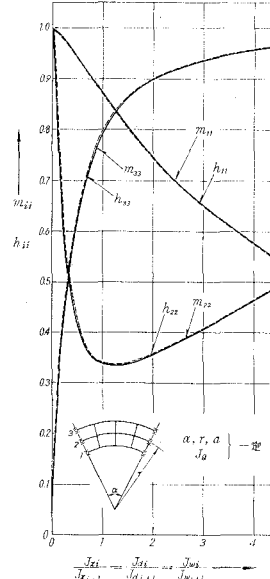


図-14

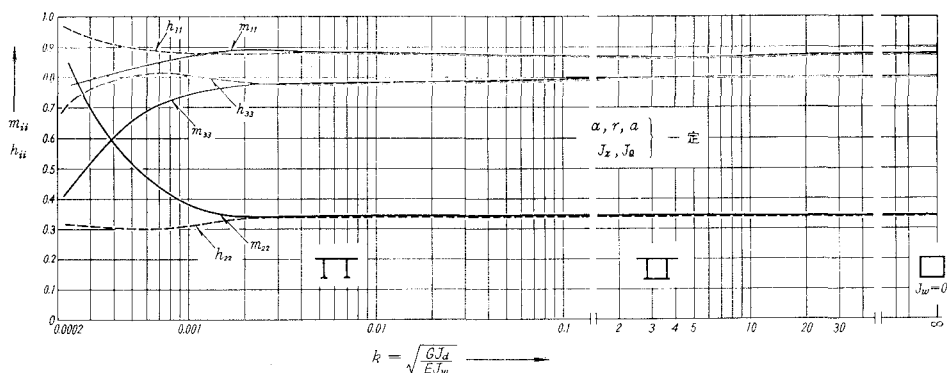


図-15

メントが中間主桁の2倍の場合である。これによると、断面二次モーメント J_x の比 $J_{x_{k+1}}/J_{x_k}$ の変化の影響はほとんどないことが分った。

図-12は主桁のねじり抵抗 J_d を内側、中間および外側主桁へと一様に増大させた場合の分配率の変化を示したものである。内側と中間主桁の分配率は $J_{d_{k+1}}/J_{d_k}$ の比を増大させるほど良くなり、逆に外側主桁の分配率は悪くなる。

これはねじり剛性を増した桁自身がそれだけ多く荷重を負担するという結果である。そして外側主桁をねじり剛性の大きい箱断面等にするとは他の分配率を良くすることにもなっているわけである。

図-13は主桁の曲げねじり抵抗 J_w を内側、および外側主桁へと一様に増大させた場合の分配率の変化を示したものである。内側と外側主桁については、夫々その主桁自身が曲げねじり抵抗 J_w の大きい断面をもつと分配率は悪くなり互いに逆比例する。中間主桁について両側桁がいずれに $J_w = 0$ に近い箱断面を有しても、分配率は良くなっていく。

図-14は主桁の断面二次モーメント J_x 、ねじり抵抗 J_d 、および曲げねじり抵抗 J_w を同時に内側、中間および外側主桁へと一様に増大させた場合の分配率の変化を示したものである。これによると、ねじり剛性の影響が分配率を左右して経済的な設計をするには、一般にねじり剛性を有する断面を外側に配置するようにすると良いことが判明する。但し3本の主桁がほぼ等しいか、又は外側の主桁へ一様に1~2倍位の強い剛性をもつようする程度で良い。しかし前述のように剛性を増した主桁自身がそれだけ多く

荷重を負担することには変りない。

図-15はねじり剛性 (GJ_d) と曲げねじり剛性 (EJ_w) との比である剛度比 $k = \sqrt{GJ_d/EJ_w}$ を変えた時の分配率の変化を示したものである。3本の主桁が開き断面であっても閉き断面であっても分配率にはその影響は少ない。しかしねじり抵抗 J_d の小さいペラペラした薄い開き断面になると荷重を分配する状態ではなくなる。結局剛比 k の大小に拘らず、ねじり抵抗 J_d がある程度以上あればそれなりに荷重を分配し、その分配率はおよそ同じであるといえる。総合的に曲線格子桁にはねじり抵抗の大きい箱断面を用いると有利であるがI型等の開き断面を用いても横構などで充分なねじり剛性をもたせると大差はなくなる。しかも箱断面では曲げねじり抵抗が小さいので、応力的に十分な配慮が必要で箱断面といえど曲げねじりを無視することはできない。

曲線格子桁の場合、横桁のねじり剛性の考慮、その本数と配置および連結法、その他開き断面を横構で補強した場合の影響など幾多の問題があり、後日あらためて発表の予定である。

参考文献

- 1) 渡辺・稼農・前田：「曲線格子桁の荷重分配性状について」、第8回日本道路会議論文集 (1965)、第21回年次学術講演会講演概要 (1966)。
- 2) Dabrowski, R.: 「Zur Berechnung von gekrümmten dünnwandigen Trägern mit offenem Profil」, Der Stahlbau 33 (1964), H. 12, S. 364.