

S 字曲線桁の構造特性について

正員 渡 辺 昇*

正員 ○薄 木 征 三**

1. ま え が き

平面形が S 字形をなす両端単純支持 S 字曲線桁について断面力の観点からその構造特性を解析した。

S 字曲線桁は、中間支点を有するものが普通であり、既にその解析はなされているが、本報文は、中間支点がない一本桁を対象にし、仮想働の理論に基づきその構造特性を明らかにし、無中間支点 S 字曲線格子桁橋への可能性を論ずる一步となるものである。

2. S 字曲線静定単純桁

S 字曲線静定単純桁とは、水平面内に二つの円弧から成る S 字形曲線を有し、両端が曲げに対して単純支持であり、同時に一端だけがねじりに対して抵抗し、他端がねじりに対して自由な桁をいう。構造力学的には、曲げ及びねじりに対して静定な構造である。ここでは曲げねじりは考えない。

1) 集中荷重 P による断面力

座標及び断面力の符号は、図-1 (a), (b) を参照。

静定単純桁の解析は図-2 のように変曲点 C で桁を切断し、切断面に、ねじりモーメント T_C 、曲げモーメント M_C 、せん断力 Q_C を挿入する。支点 A の垂直反力を V_A 、支点 B の垂直反力を V_B 、同じ支点におけるねじりモーメントを T_B とし、円弧 O_1 について、軸 O_1-A 、及びそれに直角な方向の軸のまわりのモーメントの平衡条件と、垂直方向の力の平衡条件より三つの平衡条件式を得る。円弧 O_2 についても同様に三つの平衡条件式が得られる。これら $V_A, V_B, T_B, T_C, M_C, Q_C$ に関する六元連立方程式を解けば、以上の六つの反力及び断面力が求まる。

途中の計算は省くが、集中荷重 P が作用する場合の断面力は次の様になる。

a) P が円弧 O_1 上にある場合

この場合の支点 A における垂直反力を V_{A1} とすると

$$V_{A1} = -P \frac{R_1 \sin(\phi_1 - \phi_2 - \omega_1)}{R_1 \sin(\phi_1 - \phi_2) + (R_1 + R_2) \sin \phi_2} \quad (1)$$

となる。 ω_1 は P の作用点の座標である。この V_{A1} を用いて断面力を表わすと以下ようになる。ただし、断面力のサックス P_1, P_2 は、それぞれ P による円弧 O_1 、円弧 O_2 の断面力を表わし、 ρ_1, ρ_2 は図-1 (a) のようにそれぞれ円弧 O_1 、円弧 O_2 の断面の位置を表わす座標である。

i) $0 \leq \rho_1 \leq \omega_1$ では

$$\left. \begin{aligned} T_{P1} &= -V_{A1} R_1 (1 - \cos \rho_1) \\ M_{P1} &= -V_{A1} R_1 \sin \rho_1 \\ Q_{P1} &= -V_{A1} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

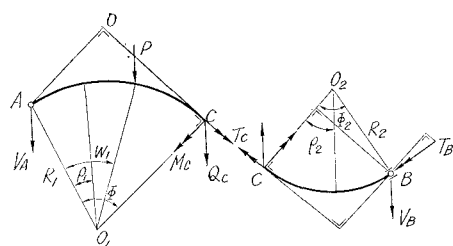
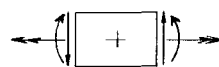


図-1 (a)



円弧の中心 O_1 からみた

図-1 (b)

* 北海道大学工学部土木工学科 教授 工博

** 北海道大学工学部土木工学科 助手

ii) $\omega_1 \leq \rho_1 \leq \phi_1$ では

$$\left. \begin{aligned} T_{P1} &= -V_{A1}R_1(1-\cos \rho_1) - PR_1(1-\cos \overline{\rho_1-\omega_1}) \\ M_{P1} &= -V_{A1}R_1 \sin \rho_1 - PR_1 \sin(\rho_1-\omega_1) \\ Q_{P1} &= -V_{A1}-P \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

iii) $0 \leq \rho_2 \leq \phi_2$ では

$$\left. \begin{aligned} T_{P2} &= V_{A1}[R_2(1-\cos \rho_2) + R_1(\cos \overline{\phi_1-\rho_2}-\cos \rho_2)] + P[R_2(1-\cos \rho_2) + R_1(\cos \overline{\phi_1-\omega_1-\rho_2}-\cos \rho_2)] \\ M_{P2} &= -V_{A1}[R_2 \sin \rho_2 + R_1(\sin \overline{\phi_1-\rho_2} + \sin \rho_2)] - P[R_2 \sin \rho_2 + R_1(\sin \overline{\phi_1-\omega_1-\rho_2} + \sin \rho_2)] \\ Q_{P2} &= -V_{A1}-P \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

b) P が円弧 O_2 上にある場合

この場合の支点 A における反力を V_{A2} とすると

$$V_{A2} = -P \cdot \frac{R_2 \sin(\phi_2-\omega_2)}{R_1 \sin(\phi_1-\phi_2) + (R_1+R_2) \sin \phi_2}$$

となる。 V_{A2} によって断面力を表わすと

i) $0 \leq \rho_1 \leq \phi_1$ では

$$\left. \begin{aligned} T_{P1} &= -V_{A2}R_1(1-\cos \rho_1) \\ M_{P1} &= -V_{A2}R_1 \sin \rho_1 \\ Q_{P1} &= -V_{A2} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

ii) $0 \leq \rho_2 \leq \omega_2$ では

$$\left. \begin{aligned} T_{P2} &= V_{A2}[R_2(1-\cos \rho_2) + R_1(\cos \overline{\phi_1-\rho_2}-\cos \rho_2)] \\ M_{P2} &= -V_{A2}[R_2 \sin \rho_2 + R_1(\sin \overline{\phi_1-\rho_2} + \sin \rho_2)] \\ Q_{P2} &= -V_{A2} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

iii) $\omega_2 \leq \rho_2 \leq \phi_2$ では

$$\left. \begin{aligned} T_{P2} &= V_{A2}[R_2(1-\cos \rho_2) + R_1(\cos \overline{\phi_1-\rho_2}-\cos \rho_2)] + PR_2(1-\cos \overline{\rho_2-\omega_2}) \\ M_{P2} &= -V_{A2}[R_2 \sin \rho_2 + R_1(\sin \overline{\phi_1-\rho_2} + \sin \rho_2)] - PR_2 \sin(\rho_2-\omega_2) \\ Q_{P2} &= -V_{A2}-P \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

となる。

2) ねじりモーメント T による断面力 (図-2)

支点 A にねじりモーメント T が作用する場合も、1) と同様に解析し、支点 A に生ずる反力を V_{AT} とすると

$$V_{AT} = T \cdot \frac{\sin(\phi_1-\phi_2)}{R_1 \sin(\phi_1-\phi_2) + (R_1+R_2) \sin \phi_2} \quad (8)$$

となる。 V_{AT} によって断面力を表わすと次の様になる。

i) $0 \leq \rho_1 \leq \phi_1$ では

$$\left. \begin{aligned} T_{T1} &= -T \cos \rho_1 - V_{AT}R_1(1-\cos \rho_1) \\ M_{T1} &= T \sin \rho_1 - V_{AT}R_1 \sin \rho_1 \\ Q_{T1} &= -V_{AT} \end{aligned} \right\}$$

ii) $0 \leq \rho_2 \leq \phi_2$ では

$$\left. \begin{aligned} T_{T2} &= -T \cos(\phi_1-\rho_2) + V_{AT}[R_2(1-\cos \rho_2) + R_1(\cos \overline{\phi_1-\rho_2}-\cos \rho_2)] \\ M_{T1} &= T \sin(\phi_1-\rho_2) - V_{AT}[R_2 \sin \rho_2 + R_1(\sin \overline{\phi_1-\rho_2} + \sin \rho_2)] \\ Q_{T2} &= -V_{AT} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

3) 支点ねじりモーメント $T=1$ によるたわみ曲線

$T=1$ によるねじりモーメント、曲げモーメントをそれぞれ T_T, M_T とし、 $P=1$ によるそれらを T_P, M_P とすると $T=1$ によるたわみ曲線 f_T は

$$f_T = \int_0^{\phi_1} \left(\frac{M_P M_T}{EI} + \frac{T_P T_T}{GI_T} \right) R_1 d\rho_1 + \int_0^{\phi_2} \left(\frac{M_P M_T}{EI} + \frac{T_P T_T}{GI_T} \right) R_2 d\rho_2 \quad (10)$$

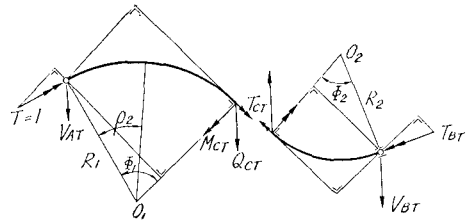


図-2

となる。ただしせん断力による影響は無視する。1), 2) で求まった断面力を代入して計算すれば次の様になる。

i) 円弧 O_1 のたわみ曲線 f_{T1}

$$\left. \begin{aligned} \int_0^{\phi_1} \frac{M_P M_T}{EI} R_1 d\rho_1 &= f_{TM1} & \int_0^{\phi_1} \frac{T_P T_T}{GI_T} R_1 d\rho_1 &= f_{TT1} \\ \int_0^{\phi_2} \frac{M_P M_T}{EI} R_2 d\rho_2 &= f_{TM2} & \int_0^{\phi_2} \frac{T_P T_T}{GI_T} R_2 d\rho_2 &= f_{TT2} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

とおく。 f_{TM1} は $T=1$ によるたわみの内、式 (10) で円弧 O_1 の部分の曲げモーメント M による仕事を表わし、 f_{TT1} は $T=1$ によるたわみの内、式 (10) で円弧 O_1 の部分のねじりモーメント T による仕事を表わす。他についても同様。

$$R_2/R_1 = \lambda, \quad EI/GI_T = k$$

とおくと

$$\begin{aligned} f_{TM1} \cdot (EI/R_1^3) &= (V_{AT} R_1 - 1) \cdot (V_{A1} c_1 + c_2) \\ f_{TT1} \cdot (EI/R_1^3) &= k \{ (V_{AT} R_1 - 1) (V_{A1} c_3 + c_4) + V_{AT} R_1 (V_{A1} \phi_1 - c_5) - V_{A1} (2 \cdot V_{AT} R_1 - 1) c_6 \\ &\quad - \{ (V_{A1} + 1) (V_{AT} R_1 - 1) + V_{A1} V_{AT} R_1 \} c_7 \} \\ f_{TM2} \cdot (EI/R_1^3) &= \lambda [(1 + \lambda) \{ (V_{A1} + 1) (V_{AT} R_1 - 1) + V_{A1} V_{AT} R_1 \} c_8 + (V_{AT} R_1 - 1) (V_{A1} c_9 + c_{10}) \\ &\quad + (1 + \lambda) V_{AT} R_1 \{ (V_{A1} + 1) (1 + \lambda) c_{11} + c_{12} \}] \\ f_{TT2} \cdot (EI/R_1^3) &= \lambda k [(V_{AT} R_1 - 1) (V_{A1} c_{13} + c_{14}) + \{ (V_{A1} + 1) (V_{AT} R_1 - 1) + V_{A1} V_{AT} R_1 \} \{ \lambda c_{15} - (1 + \lambda) c_{16} \} \\ &\quad + (1 + \lambda) (V_{A1} + 1) V_{AT} R_1 \{ (1 + \lambda) c_{17} - 2\lambda c_{18} \} + V_{AT} R_1 \{ \lambda c_{19} - (1 + \lambda) c_{20} + (V_{A1} + 1) V_{AT} R_1 \lambda^2 \phi_2 \} \end{aligned} \quad (12)$$

故に円弧 O_1 たわみ曲線 f_T は式 (11), (12) より

$$f_{T1} = (f_{TM1} + f_{TM2} + f_{TT1} + f_{TT2}) \cdot (R_1^3/EI)$$

で与えられる。ただし式 (12) で

$$\begin{aligned} c_1 &= (\phi_1 - \sin \phi_1 \cos \phi_1)/2 & c_{11} &= (\phi_2 - \sin \phi_2 \cos \phi_2)/2 \\ c_2 &= [(\phi_1 - \omega_1) \cos \omega_1 - \cos \phi_1 \sin (\phi_1 - \omega_1)]/2 & c_{12} &= -[\phi_2 \cos (\phi_1 - \omega_1) - \cos (\phi_1 - \phi_2 - \omega_1) \sin \phi_2]/2 \\ c_3 &= (\phi_1 + \sin \phi_1 \cos \phi_1)/2 & c_{13} &= [\phi_2 + \sin \phi_2 \cos (2\phi_1 - \phi_2)]/2 \\ c_4 &= [(\phi_1 - \omega_1) \cos \omega_1 + \cos \phi_1 \sin (\phi_1 - \omega_1)]/2 & c_{14} &= [\phi_2 \cos \omega_1 + \sin \phi_2 \cos (2\phi_1 - \phi_2 - \omega_1)]/2 \\ c_5 &= \omega_1 - \phi_1 + \sin (\phi_1 - \omega_1) & c_{15} &= \sin \phi_1 - \sin (\phi_1 - \phi_2) \\ c_6 &= \sin \omega_1 & c_{16} &= [\phi_2 \cos \phi_1 + \sin \phi_2 \cos (\phi_2 - \phi_1)]/2 \\ c_7 &= \sin \phi_1 - \sin \omega_1 & c_{17} &= (\phi_2 + \sin \phi_2 \cos \phi_2)/2 \\ c_8 &= -[\phi_2 \cos \phi_1 - \cos (\phi_1 - \phi_2) \sin \phi_2]/2 & c_{18} &= \sin \phi_2 \\ c_9 &= [\phi_2 - \sin \phi_2 \cos (2\phi_1 - \phi_2)]/2 & c_{19} &= \sin (\phi_1 - \omega_1) - \sin (\phi_1 - \phi_2 - \omega_1) \\ c_{10} &= [\phi_2 \cos \omega_1 - \sin \phi_2 \cos (2\phi_1 - \phi_2 - \omega_1)]/2 & c_{20} &= [\phi_2 \cos (\phi_1 - \omega_1) + \sin \phi_2 \cos (\phi_1 - \phi_2 - \omega_1)]/2 \end{aligned} \quad (13)$$

ii) 円弧 O_2 の部分のたわみ曲線 f_{T2}

これも式 (12), (13) と類似の式で表わされるが、紙数に余裕がないので省略する。

3. S 字曲線一次不静定単純桁

S 字曲線一次不静定単純桁とは、両端が曲げに対して単純支持であり、同時に両端がねじりに対して抵抗する桁をいう。構造力学的には曲げに対して静定、ねじりに対して一次不静定である。ここでは 2. と同様に曲げねじりは考えない。

1) 不静定力の影響線

いま 図-3 (a) のような S 字曲線一次不静定桁を考える。それには 図-3 (b) のように一端におけるねじりの抵抗を解放したもの、即ち 2. の S 字曲線静定単純桁を基本系にえらび、その代り不静定ねじりモーメント $X=1$ を挿入する。いま外力として、 $P=1$ のみが作用する場合を考えると仕事方程式は

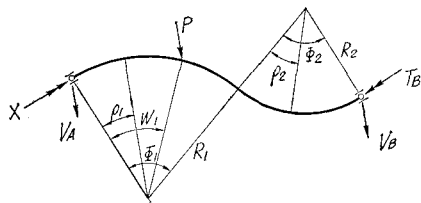


図-3 (a)

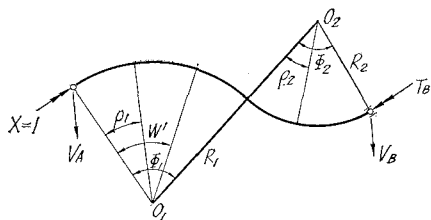


図-3 (b)

$$\delta_{11} X + \delta_{10} = 0$$

ここで δ_{11} は基本系に $X=1$ が作用している状態で、 $X=1$ がなす仕事、 δ_{10} は同じ状態における基本系の垂直変位図である。 δ_{10} は式 (12), (13) で求まっている。

δ_{11} は

$$\delta_{11} = \int_0^{\phi_1} \left(\frac{M_T^2}{EI} + \frac{T_T^2}{GIT} \right) R_1 d\rho_1 + \int_0^{\phi_2} \left(\frac{M_T^2}{EI} + \frac{T_T^2}{GIT} \right) R_2 d\rho_2$$

で与えられる。 M_T, T_T は既に 2) で与えられているからそれを代入して計算すると結局

$$\begin{aligned} \delta_{11} &= (EI/R_1) \\ &= (V_{AT}R_1-1)^2 c_1 + k[(V_{AT}R_1-1)^2 c_3 - 2V_{AT}R_1(V_{AT}R_1-1)(c_6+c_7) + V_{AT}^2 R_1^2 \phi_1] + \lambda[(V_{AT}R_1-1)^2 c_9 \\ &\quad + 2V_{AT}R_1(1+\lambda)(V_{AT}R_1-1)c_8 + V_{AT}^2 R_1^2 (1+\lambda)^2 c_{11} + \lambda k[(V_{AT}R_1-1)^2 c_{13} + V_{AT}^2 R_1^2 (1+\lambda)^2 c_{17} \\ &\quad - 2V_{AT}R_1(V_{AT}R_1-1)(1+\lambda)c_{16} - 2V_{AT}^2 R_1^2 \lambda(1+\lambda)c_{18} + 2V_{AT}R_1(V_{AT}R_1-1)\lambda c_{15} + V_{AT}^2 R_1^2 \lambda^2 \phi_2] \end{aligned} \quad (14)$$

ここで $c_1, c_2, \dots$ などは、式 (13) で与えられている。故に不静定力影響線 X は式 (12), (13), (14) より

$P=1$ が円弧 O_1 にある場合

$$X(\omega_1) = -\frac{R_1 f T_1}{\delta_{11}}$$

$P=1$ が円弧 O_2 上にある場合

$$X(\omega_2) = -\frac{R_1 f T_2}{\delta_{11}}$$

となる。

2) 断面力影響線

2.1) と同様に断面力を支点反力 V_A を用いて表わすと、

i) 円弧 O_1 上の $\rho=\rho_1$ 点の影響線

a) $0 \leq \omega_1 \leq \rho_1$ では

$$T_{P1} = -V_{A1}R_1(1-\cos \rho_1) - R_1(1-\cos \overline{\rho_1-\omega_1}) - [\cos \rho_1 + V_{AT}R_1(1-\cos \rho_1)] \cdot X(\omega_1)$$

$$M_{P1} = -V_{A1}R_1 \sin \rho_1 - R_1 \sin (\rho_1-\omega_1) - (V_{AT}R_1-1) \sin \rho_1 \cdot X(\omega_1)$$

$$Q_{P1} = -V_{A1}-1-V_{AT} \cdot X(\omega_1)$$

b) $\rho_1 \leq \omega_1 \leq \phi_1$ では

$$T_{P1} = -V_{A1}R_1(1-\cos \rho_1) - [V_{AT}R_1(1-\cos \rho_1) + \cos \rho_1] \cdot X(\omega_1)$$

$$M_{P1} = -V_{A1}R_1 \sin \rho_1 - (V_{AT}R_1-1) \sin \rho_1 \cdot X(\omega_1)$$

$$Q_{P1} = -V_{A1}-V_{AT} \cdot X(\omega_1)$$

c) $0 \leq \omega_2 \leq \phi_2$ では

$$T_{P2} = -V_{A2}R_1(1-\cos \rho_1) - [V_{AT}R_1(1-\cos \rho_1) + \cos \rho_1] \cdot X(\omega_2)$$

$$M_{P2} = -V_{A2}R_1 \sin \rho_1 - (V_{AT}R_1-1) \sin \rho_1 \cdot X(\omega_2)$$

$$Q_{P2} = -V_{A2}-V_{AT} \cdot X(\omega_2)$$

ii) 円弧 O_2 上の $\rho=\rho_2$ 点の影響線

これも、a) と全く同じように表わされるので省略する。

各点の影響線が求まれば、等分布荷重 q による断面力図は影響線面積に q を乗じればよい。

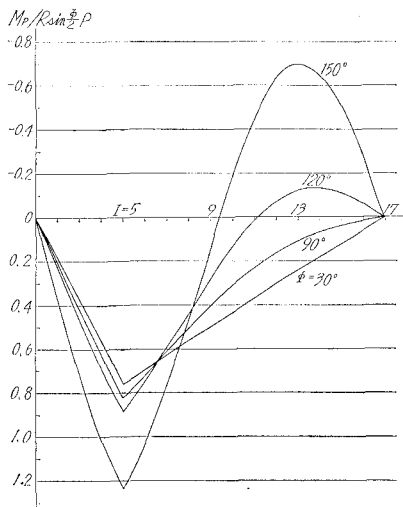


図-4 $I=5$ の曲げモーメント影響線

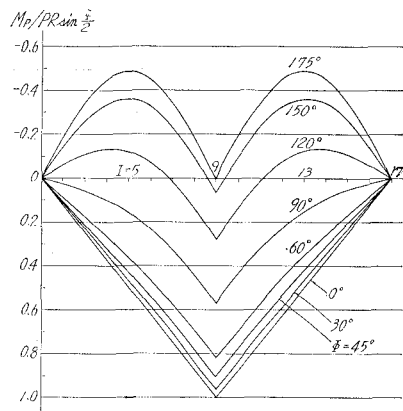


図-5 $I=9$ の曲げモーメント影響線

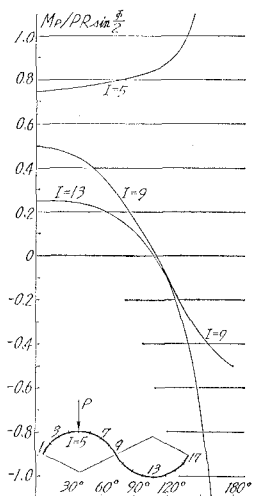


図-6 図の荷重状態における各点曲げモーメントと中心角の関係

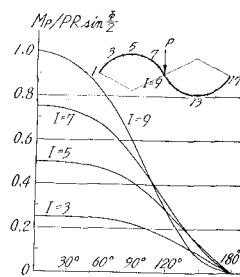


図-7 図の荷重状態における各点曲げモーメントと中心角の関係

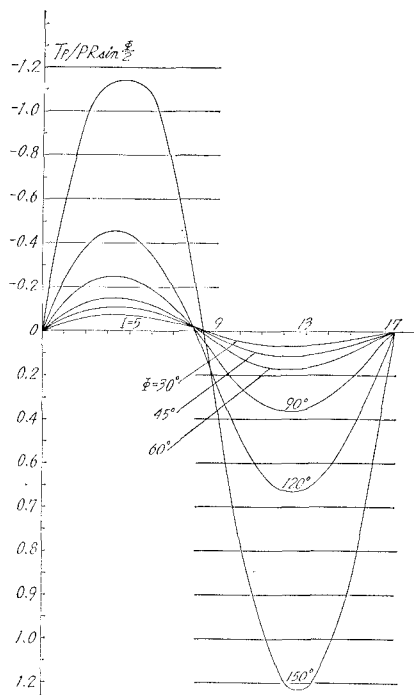


図-8 支点のねじりモーメント影響線

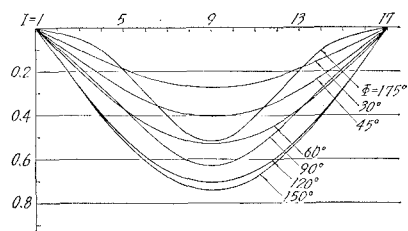


図-9 $I=9$ のねじりモーメント影響線

4. S字曲線—不静定桁の断面力特性

次の様な構造、断面諸元を有する、一箱桁の計算を行なった。

$$R_1 = R_2 = R \quad \therefore \lambda = 1$$

$$k = EI/GI_T = 1.728$$

$$\phi_1 = \phi_2 = \phi, \text{ かつ各に対して, } R \sin \frac{\phi}{2} = \text{一定.}$$

即ち、変曲点 c に関して、逆対称である。 $k = 1.728$ は正方形断面を有する一箱桁の値である。¹⁾

円弧 O_1, O_2 をそれぞれ 8 等分し、支点 A より分割点に番号 $I=1, 2, \dots, 17$ (= 支点 B) をつける。

図-4 は $I=5$ ($\phi/2$) 点の曲げモーメント影響線を示したものであり、概括的に見れば円弧 O_1 の部分 ($I=1, 2, \dots, 9$) の部分は常に正の曲げモーメントを生じているが、円弧 O_2 の部分 ($I=9, 10, \dots, 17$) では、中心角 ϕ が、およそ 100° 以上になると負の曲げモーメントが発生している。なお、この図では示していないが、 $\phi < 60^\circ$ では、ほとんど直線桁の曲げモーメント影響線とかわりない。

図-5 は同じく $I=9$ (変曲点) の曲げモーメント影響線を示したものである。やはり $\phi > 100^\circ$ 附近では、円弧 O_1, O_2 に、部分的に負の曲げモーメントが発生し、 $\phi > 150^\circ$ 附近ではほとんど負になる。 $\phi = 0^\circ$ は直線桁の同じ点の影響線である。

図-6、図-7 は、前 2 図を横軸に中心角 ϕ をとって見方をかえたものである。図-6 から $\phi = 110^\circ$ 附近で、 $I=9 \sim 13$ の点での曲げモーメントはほとんど 0 である。図-7 では、 $I=9$ (変曲点) に P が作用した場合には、いずれの分割点も、 ϕ の増大に伴って、曲げモーメントは減少している。

図-8 は支点 A のねじりモーメント影響線で、 ϕ の増大に伴ってねじりモーメントの絶対値も増大している。又 $I=8 \sim 9$ を境に符号が逆になる。

図-9 は $I=9$ (変曲点) のねじりモーメント影響線で $\phi = 150^\circ$ 付近までは ϕ の増大と共にねじりモーメントは増大するが、 $\phi = 150^\circ$ 附近以上では、逆にねじりモーメントは減少している。

図-10 は、 $I=5$ に P が作用した時の、各点ねじりモーメントを中心角 ϕ を横軸にとったものである。 $\phi = 110^\circ$ 付近で $I=9$ (変曲線) の点では、ねじりモーメントは最大になり、この附近の ϕ を起えと他の点のねじりモーメントは絶対値が急激に増大する。

図-11 は、 $I=9$ (変曲点) に P が作用した時の、各点ねじりモーメントと中心角 ϕ の関係を見たものである。 $\phi = 110^\circ$ 付近までは、 ϕ の増大と共に、各点ともねじりモーメントは増大している。 $I=9$ の点では、 $\phi = 110^\circ$ 付近で最大値をとり、 $I=7$ の点では、 $\phi = 130^\circ$ 付近で最大値となっている。 $I=5 \sim 1$ の点では、最大値は表われない。 $I=10 \sim 17$ の点は、その点と逆対称の点のねじりモーメントと同じ値である。

図-12 は等分布荷重 q による曲げモーメント図である。 $I=9$ 点の曲げモーメント影響線 (図-5) と同様に、 ϕ の増大と共に曲げモーメントの減少傾向が見られるが、 $\phi > 110^\circ$ 附近では、支間中央部に負の曲げモーメントが生じている。 $\phi < 110^\circ$ 附近では、支間中央附近では $I=5, 13$ (円弧中央点) より曲げモーメントが小さい。

図-13 は、同じく等分布荷重 q によるねじりモーメント図である。 $\phi < 120^\circ$ 付近までは、中心角 ϕ の増大と共に、ねじりモーメントは増大するが、 $\phi > 120^\circ$ 附近では、支間中央部のそれは、減少する傾向にある。

図-14 は、各点曲げモーメントと中心角 ϕ の関係を示したものである。 $I=4, 5$ 点では、緩やかに増大して、緩やかに減少しているが (図示していないが $I=2, 3$ でも同様の傾向) $I=6 \sim 9$ 点では、 ϕ の増大と共に、かなり急に曲げモーメントは減少する。 $I=10 \sim 16$ 点では、その点と逆対称の点の曲げモーメントに等しい。

図-15 は、各点ねじりモーメントと中心角 ϕ の関係を示したものである。 $I=1 \sim 8$ 点では、 ϕ の増大と共に、ねじりモーメントも、増大しているが、 $I=9$ 点では、 110° 付近で最大値となっている。

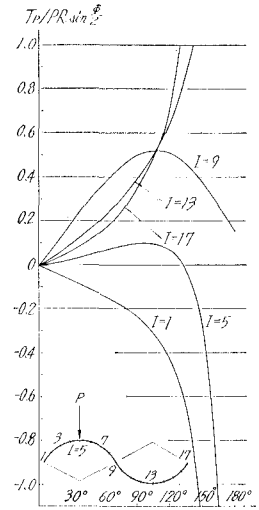


図-10 荷重状態における各点ねじりモーメントと中心角の関係

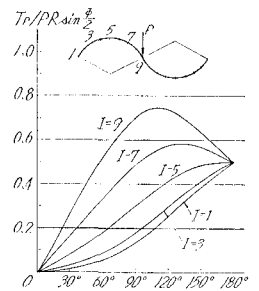


図-11 図の状態における各点ねじりモーメントと中心角 ϕ の関係

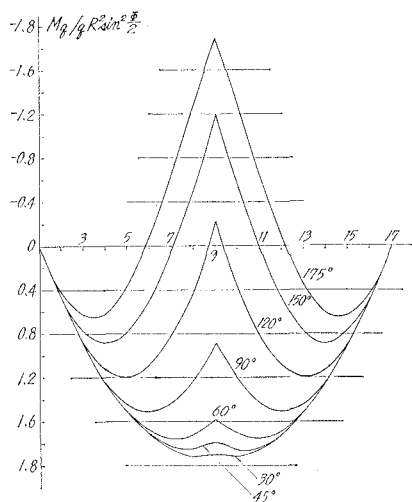


図-12 等分布荷重 q による曲げモーメント図

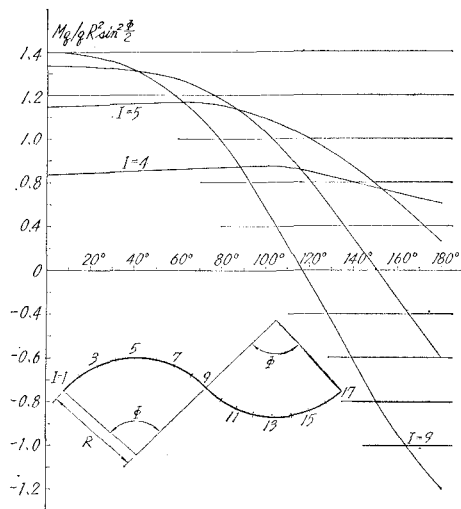


図-14 各点曲げモーメントと中心角 ϕ の関係 (等分布荷重 q)

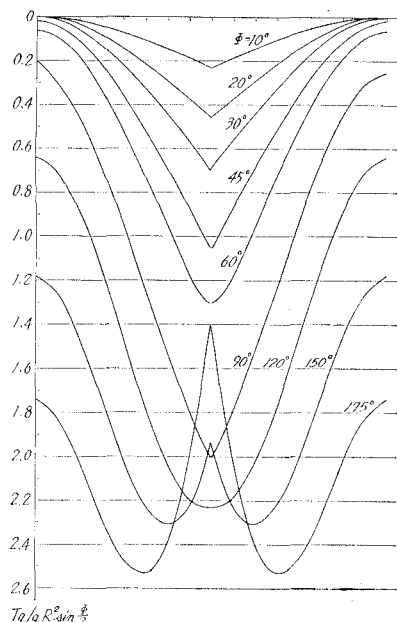


図-13 等分布荷重 q によるねじりモーメント図

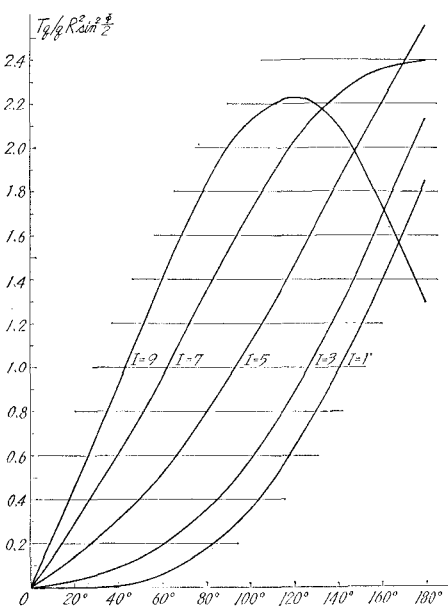


図-15 各点ねじりモーメントと中心角 ϕ の関係 (等分布荷重 q)

せん断力に関するデータは割愛するが、直線単純桁と著しい相異はなく、中心角 ϕ の増大と共に漸増する。又 $R_1=R_2$, $\phi_1=\phi_2$ では、支点反力に関しては、静定である事を付記しておく。

5. 結 語

以上の結果を概括的にまとめると、 $R \sin \frac{\phi}{2} = \text{一定}$ 、即ち、支点と変曲点を結ぶ弦の長さが一定、かつ変曲点に関して、逆対称の S 字曲線桁では、各点曲げモーメント影響線、及び、等分布荷重が作用する時の曲げモーメントについては、両端単純支持直線桁と比較して、 $\phi < 110^\circ$ 附近までは、 ϕ の増大と共に、曲げモーメントは小さくなる。同時に負の曲げモーメントは生じない。 $\phi > 110^\circ$ 附近では、 ϕ の増大と共に、負の曲げモーメントが生じ、その絶対値も、増大し、かつ負の曲げモーメントが生ずる範囲も広くなる。

ねじりモーメントに関しては、中心角 ϕ の増大と共に、ねじりモーメントは増大するが、図-10 は、 $\phi < 110^\circ$ 附近までは、各点のねじりモーメントは、漸増するか、これを超えると変曲点を除いては、ねじりモーメントが急増する事を示している。

即ち、両端単純支持 S 字曲線桁は変曲点に関して、逆対称構造で、かつ $R \sin \frac{\phi}{2} =$ 一定の条件のもとでは、中心角 ϕ は、 110° 以下である事が、力学的に望ましい構造であるといえよう。

参 考 文 献

- 1) 渡辺 昇：曲線げたの理論と計算.