

北 海 道 大 学 工 学 部 正 員 薄 木 征 三

桜井鉄工所 正員 ○田 宮 哲 夫

桜井鉄工所 正員 山 下 六 郎

1. ま え が き

平面内において S 字形をなす曲線桁橋、すなわち、S 字の両端の橋台位置では曲げに対して単純支持で捩りに対して抵抗をもち、S 字の中間には何ら橋脚をもたないような曲線桁橋について、その断面力の影響線および等分布荷重満載の場合の断面力図を求める理論式を基本に一例として正方形箱断面桁の断面定数を用いて、電子計算機によって、数値計算を行ない、この種の断面を有する S 字形曲線桁橋の構造特性を明らかにした。

2. S 字曲線一次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。

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

$$k = \frac{EI}{GI_T} = 1.728$$

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

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。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-1)

図-2 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。

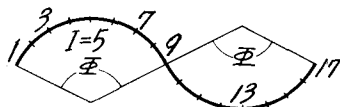
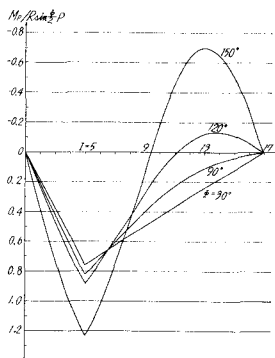
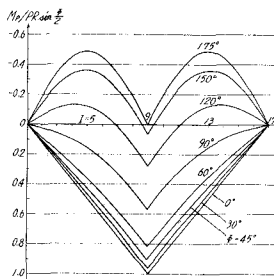
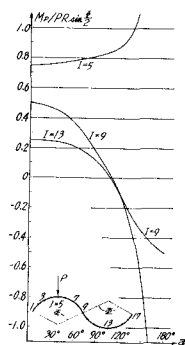


図-1

図-2 $I=5$ の点の曲げモーメント影響線図-3 $I=9$ の点の曲げモーメント影響線図-4 図の荷重状態における各点曲げモーメントと中心角 ϕ の関係

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-3 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 $\phi > 100^\circ$ 付近では、円弧 O_1, O_2 に、部分的に負の曲げモーメントが発生し、 $\phi > 150^\circ$ 付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-4、図-5 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 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-7 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、 $\phi = 150^\circ$ 付近以上では、逆にねじりモーメントは減少している。

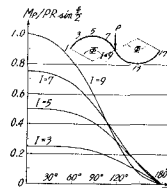
図-5 図の荷重状態における各点曲げモーメントと中心角 ϕ の関係

図-8 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 $I=9$ (変曲点) の点では、ねじりモーメントは最大になり、この付近の ϕ を越えると他のねじりモーメントは絶対値が急激に増大する。

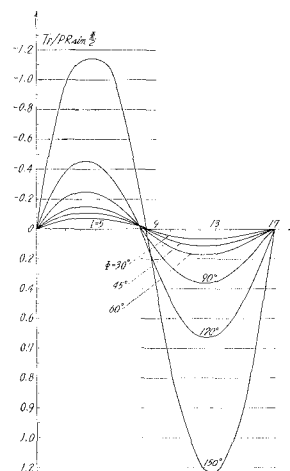


図-6 支点のねじりモーメント影響線

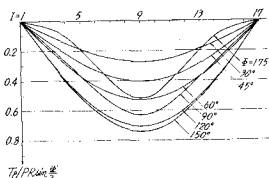


図-7 $I=9$ の点のねじりモーメント影響線

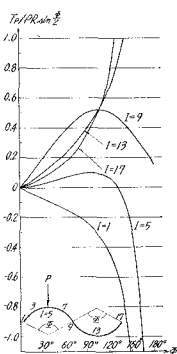


図-8 図の荷重状態における各点ねじりモーメントと中心角 ϕ の関係

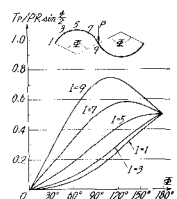


図-9 図の荷重状態における各点ねじりモーメントと中心角 ϕ の関係

図-9 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-10 は等分布荷重 q による曲げモーメント図である。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、 $\phi > 110^\circ$ 付近では、支間中央部に負の曲げモーメントが生じている。 $\phi < 110^\circ$ 付近では、支間中央付近では $I=5, 13$ (円弧中央点) より曲げモーメントが小さい。

図-11 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、 $\phi > 120^\circ$ 付近では、支間中央部のそれは、減少する傾向にある。

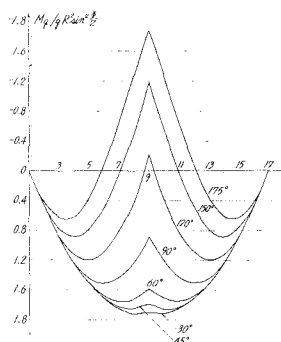


図-10 等分布荷重 q による曲げモーメント図

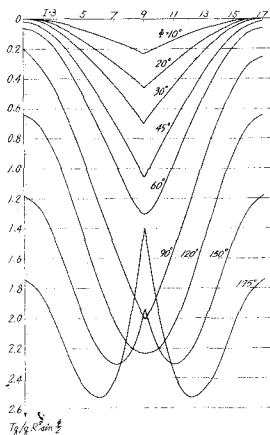


図-11 等分布荷重 q によるねじりモーメント図

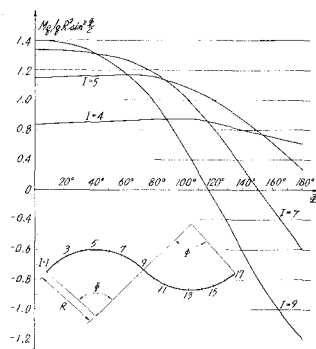


図-12 各点曲げモーメントと中心角 ϕ の関係 (等分布荷重 q による)

図-12 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 $I=1, 3$ 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。 $I=10 \sim 16$ 点は、その点と逆対称の点の曲げモーメントに等しい。

図-13 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。

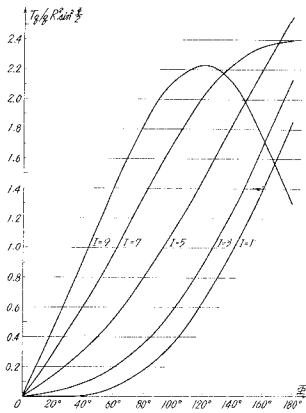


図-13 各点ねじりモーメントと中心角 ϕ の関係
(等分布荷重 q による)

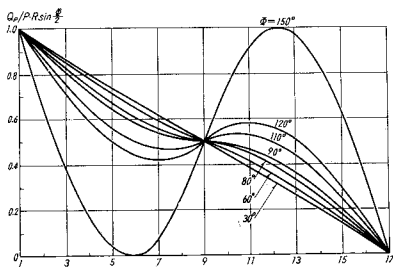


図-14 $I=1$ (支点) のせん断力影響線

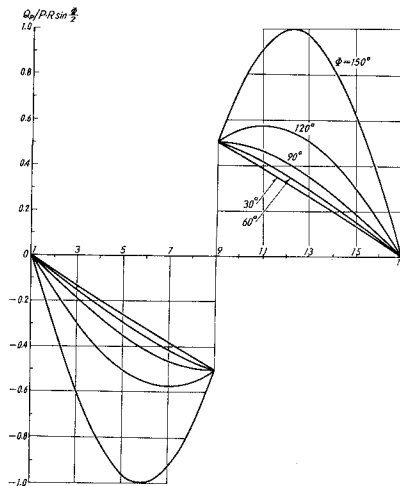


図-15 $I=9$ (変曲点) のせん断力影響線

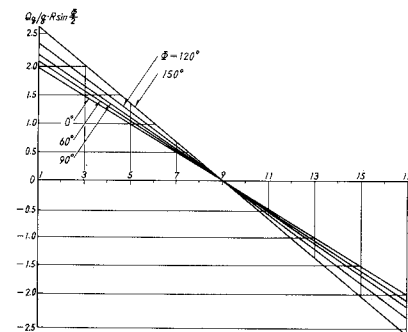


図-16 等分布荷重 q によるせん断力図

図-14, 15 は、支点と支間中央 ($I=9$) 点のせん断力影響線である。

図-16 は、等分布荷重 q が満載せるときの、せん断力図であり、中心角 ϕ の増加と共に、各点のせん断力は増加している。

3 要 約

以上の結果を概括的にまとめると、二つの曲率半径が等しい、即ち逆対称の S 字形曲線桁では、支間一定のもとで、中心角 ϕ を変化させた時、曲げモーメントに関しては、影響線 及び等分布荷重満載の場合共、 $\phi < 110^\circ$ 付近までは、 ϕ の増加と共にその値は減少し、かつその絶対値は、同断面両端単純支持直線桁のそれより小さい。 $\phi > 110^\circ$ 付近の範囲では、 ϕ の増加と共に、負の曲げモーメントが生じ、その絶対値も大きくなり、かつ負の曲げモーメントが生ずる範囲も広がる。

ねじりモーメントに関しては、中心角 ϕ の増加と共に、ねじりモーメントは増加するが、図-4 は、 $\phi < 110^\circ$ 付近までは、各点のねじりモーメントは、漸増するが、これを起えたと変曲点(支間中央)を除いては、その値は急増する事を示している。

せん断力に関しては、著しい特徴はないが、等分布荷重満載の場合には、 ϕ の増加と共にその値は、桁の各点で微増する。又その値は、同断面両端単純支持直線桁の値より大きくなる。

6. 実 験

以下の様な断面寸法を有する S 字形曲線桁の模型を製作し、北大工学部橋梁学実験室において実験を行なった。

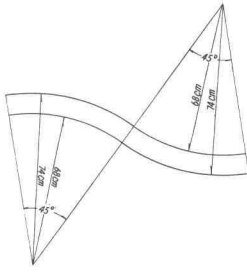


図-17 模型桁平面図

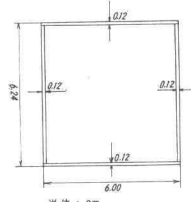


図-18 模型桁断面図

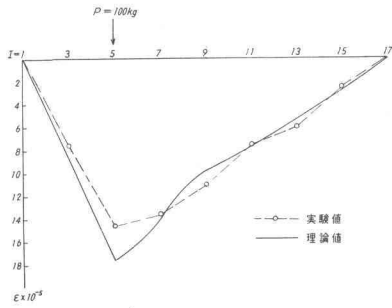


図-19 支間の $\frac{1}{4}$ 点に $P=100$ kg が作用せる時の軸方向重

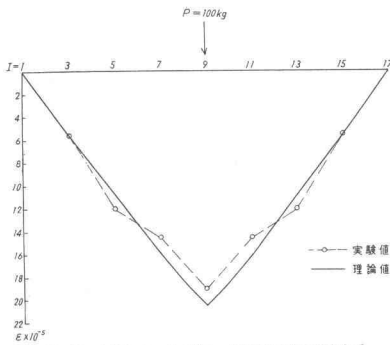


図-20 支間中央に $P=100$ kg が作用せる時の軸方向重

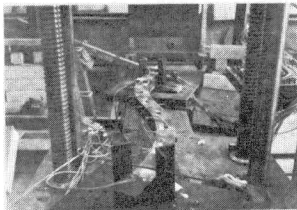


写真-1

断面定数は次の様である。

i) 断面二次モーメントと曲げ剛性

$$I = \frac{1}{12} (6.00 \times 6.24^3 - 5.76 \times 6.00^3) \\ = 178,053 \quad [\text{cm}^4]$$

$$EI = 2.1 \times 10^6 \times 178,053 \\ = 3,739,113 \times 10^6 \quad [\text{kg/cm}^2]$$

ii) ねじり抵抗とねじり剛性

$$I_T = \frac{1}{3} \sum h^3 + \frac{4F^2}{\sum \frac{h}{t}} \\ = \frac{1}{3} (2 \times 5.88 \times 0.12^3 + 2 \times 6.12 \times 0.12^3) \\ + \frac{4 \times (6.12 \times 5.88)^2}{2 \times \frac{5.88}{0.12} + 2 \times \frac{6.12}{0.12}} \\ = 2,591,309 \quad [\text{cm}^4]$$

$$GI_T = 0.81 \times 10^6 \times 2,591,309$$

iii) k

$$k = \frac{EI}{GI_T} = 1.7814$$

実験結果と実験状況を示す図を以下に添付する。

図に見るように理論値と実験値はほぼ一致を見た。載荷点付近では若干相違が大きいが、これは、複雑な応力集中などによるものと思われる。