

I-193 S 型 連続曲線格子桁の構造特性

北海道大学工学部 正員 榎 農 知 徳

1. まえがき

連続曲線格子桁を架設する機会是非常に多いが、その平面格子形状は路線の線形に左右されがたである。一般にはC型連続曲線格子桁が多く架設されているが、山岳道路、都市高架橋にはS型連続曲線格子桁がしばしばみられる。このような連続曲線格子桁を設計する際に、平面格子形状によって断面力および変形がどのように変化するかわ、その特性を十分考慮することが必要である。本報告は著者が得たS型連続曲線格子桁の設計の機会に、平面格子形状（特に第2径間中心角 α_2 ）をパラメータとして、その構造特性を検討したうえでここに報告するものである。

2. 連続曲線格子桁の解析

連続曲線格子桁の解析は弾性方程式に力法によって解析した。単一の連続曲線桁を基本系として、曲線主桁と横桁との結合構造によってヒンジ結合と剛結合にわけ、断面力および変形の影響面を求めたものである。この報告にはヒンジ結合と仮定した場合の特性を示すことにする。

基本系の連続曲線桁は図-1のように第1径間の曲率中心 O_1 と同一方向に第2径間の曲率中心 O_2 がある場合をC型、反対方向にある場合をS型と名づける。又、力と変形の正の方向を矢印の方向にとるものとする。不静定量として、中間支点上の曲げモーメント M と曲りねじれモーメント M_w とをとり、これを未知数とする弾性方程式を求めると、式(1)となる。

$$A \cdot X + P \cdot D + T \cdot \Theta = 0 \quad (1)$$

$$A = \begin{bmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} \\ \delta_{21} & \delta_{22} \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} X_M \\ X_{M_w} \end{bmatrix}, D = \begin{bmatrix} \delta_{10} \\ \delta_{20} \end{bmatrix}, \Theta = \begin{bmatrix} \theta_{10} \\ \theta_{20} \end{bmatrix}$$

連続曲線桁の断面力と変形の影響線 S_c は式(2)となる。

$$S_c = S_c^0 + S_{SM} X_M + S_{SM_w} X_{M_w} \quad (2)$$

ここで、 S_c^0 は単一曲線桁の影響線。 S_{SM} 、 S_{SM_w} は不静定曲げモーメントおよび曲りねじれモーメントによる単一曲線桁の断面力と変形。

連続曲線格子桁はヒンジ結合の場合には主桁と横桁の交点の格点力を不静定量とし、剛結合の場合には横桁の中心の曲げモーメントとせん断力を不静定量にとり解析する。不静定量を求めた弾性方程式は式(3)となり、断面力と変形の影響面は式(4)より求められる。

$$C \cdot Z + P \cdot D' + T \cdot \Theta' = 0 \quad (3)$$

$$C = \begin{bmatrix} \delta_{11} & \dots & \delta_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ \delta_{n1} & \dots & \delta_{nn} \end{bmatrix}, Z = \begin{bmatrix} Z_1 \\ \vdots \\ Z_n \end{bmatrix}, D' = \begin{bmatrix} \delta'_{10} \\ \vdots \\ \delta'_{n0} \end{bmatrix}, \Theta' = \begin{bmatrix} \theta'_{10} \\ \vdots \\ \theta'_{n0} \end{bmatrix}$$

$$S_G = S_c^0 + \sum_{k=1}^n S_{ck} \cdot Z_k \quad (4)$$

S_c^0 は単一曲線桁の影響線

S_{ck} は不静定量 Z_k による単一曲線桁の断面力と変形。

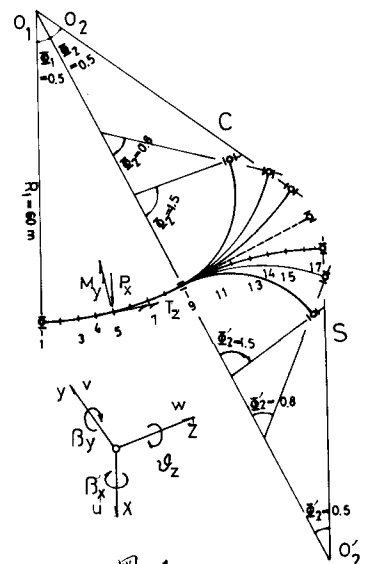


図-1

3. 連続曲線格子桁の形状寸法

連続曲線格子桁の構造特性は格子形状、断面定数、横桁本数と配置、主桁と横桁の結合構造などにより差異があるが、ここでは主桁断面は開口断面（特に工形主桁）とし、主桁と横桁はヒンジ結合と仮定す。連続曲線桁の形状寸法は図-1に示す。第1径間の内弧長 $\Phi_1 R_1 = 30\text{m}$ として、第2径間の $\Phi_2 R_2$ 又は $\Phi_2' R_2' = 30\text{m}$ となるように Φ_2, Φ_2' および R_2 を変化させた時のC型又はS型連続曲線桁の格点4, 9 および 14 の断面力と変形の特性を示す。

連続曲線格子桁の形状寸法は図-2に示すとおりである。第1径間の主桁bの内弧長 $\Phi_1 R_{1b} = 30\text{m}$ 、主桁間隔 $a = 3\text{m}$ を一定とし、第2径間主桁bの $\Phi_2 R_{2b}$ 又は $\Phi_2' R_{2b}' = 30\text{m}$ となるように Φ_2, Φ_2' および R_2 を変化させたときのC型又はS型連続曲線格子桁の曲げモーメント M 、曲げねじれモーメント M_w およびたわみ U の特性を示す。なお、主桁断面は主桁a, b, cとも同一断面とし、断面定数は表-1に示すとおりである。

表-1

	断面定数
J_y	$2.106 \times 10^2 \text{ m}^4$
J_T	$4.805 \times 10^3 \text{ m}^4$
J_w	$2.437 \times 10^4 \text{ m}^6$
J_a	$5.830 \times 10^3 \text{ m}^4$

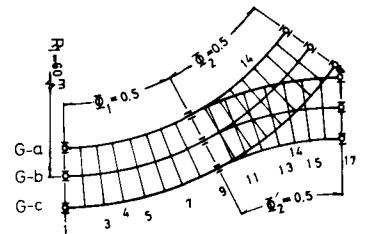


図-2

4. 連続曲線桁の構造特性ととの考察

連続曲線桁の第2径間中心角 Φ_2 と $\Phi_2' = 0.1 \sim 1.5$ まで変化させた時、単位集中荷重 $P = 1$ の載荷による断面力および変形の特性を示すと図のとおりである。

図中の実線はC型連続曲線桁で、点線はS型連続曲線桁である。

図-3~5は曲げモーメント M の影響線を示したものである。第1径間格点4における曲げモーメントは $\Phi_2 = 0.5$ 以内ではC型に比べS型がやや大きい。 $\Phi_2 = 0.5$ 以上になると、C型の方がやや大きい。中間交点上（格点9）ではこれが逆になり $\Phi_2 = 0.5$ 以内ではS型の方が小さくなっている。曲げモーメントに因してはC型とS型とでは格点9以外は全般的に特に差異はないようである。

図-6~8は曲げねじれモーメント M_w の影響線を示したものである。第1径間格点4における M_w はC型に比べS型の方が小さくなり、有利になっている。中間交点上（格点9）における M_w は種々な変化を示す。

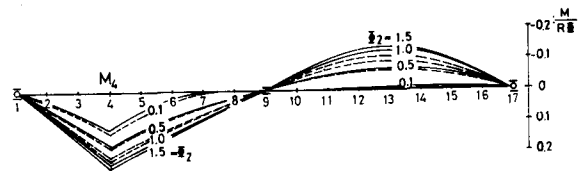


図-3

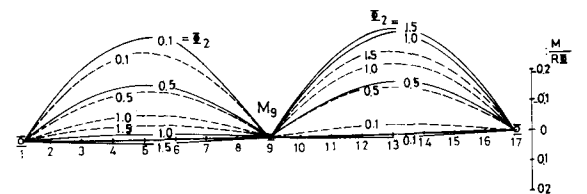


図-4

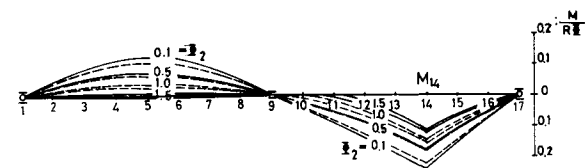


図-5

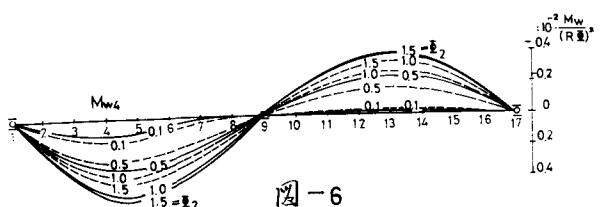


図-6

し、一概には言えないが $\bar{\alpha}_2=0.5$ に関してはS型の方が大きくなり不利である。但し、全等分布荷重を作用させると、Mwは生じないことがわかる。第2径間格点14におけるMwは符号も曲線形状も異なり、殆んど差はないようである。

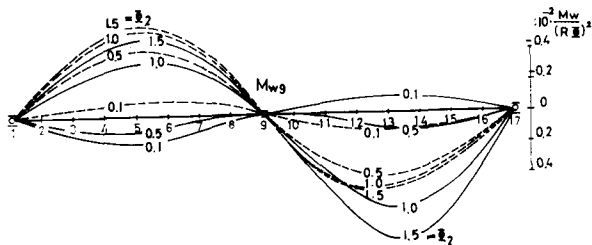


図-7

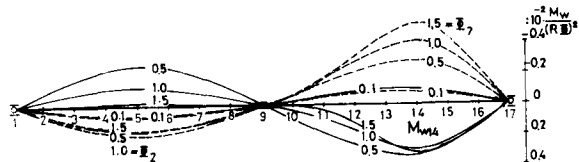


図-8

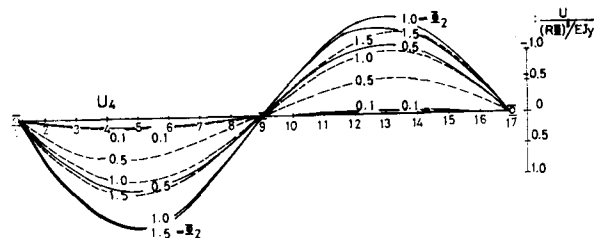


図-9

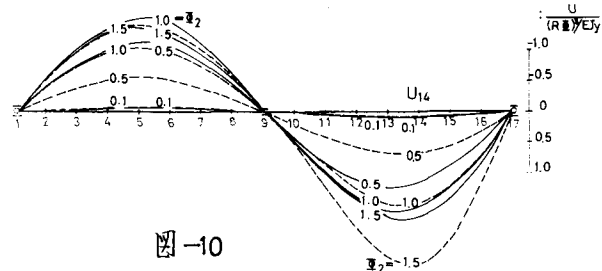


図-10

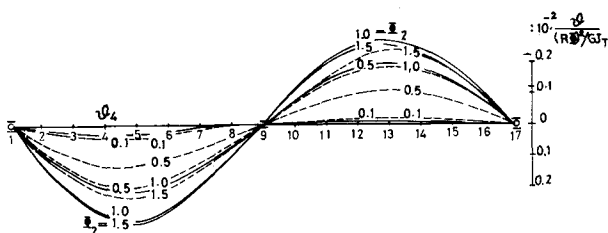


図-11

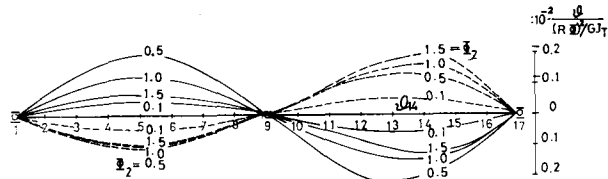


図-12

図-9~10はたわみUの影響線を示したものである。第1径間格点4におけるたわみはC型に比べS型の方が小さく有利である。第2径間格点14におけるたわみはS型において、 $\bar{\alpha}_2=1.0$ 位から急激に大きくなっている。たわみについては $\bar{\alpha}_2=0.5$ 以内ではS型が有利であることが認められる。

図-11~12はねじれ角 θ の影響線を示したものである。たわみ変形と殆んど同じでC型に比べS型の方が小さな値となっている。第1径間に載荷された時の第2径間の変形は $\bar{\alpha}_2=0.5$ 前後を最大とし、その他の時の影響が減少している。

以上の各図において、当然のことながら $\bar{\alpha}_2=\bar{\alpha}_1=0$ に漸近させると、C型とS型とは一致する。主桁断面が箱形の場合はC型とS型による差異は顕著ではない。

5. 連続曲線格子桁の構造特性とその考察

連続曲線格子桁の第2径間中心角 $\bar{\alpha}_2$ を $\bar{\alpha}_2=0.1 \sim 1.5$ まで変化させた場合、断面力および変形の影響面の縦距を総和したものを示すと図のとおりである。図中の横軸には $\bar{\alpha}_2, \bar{\alpha}_1$ をとり、+側はC型曲線格子桁、-側はS型曲線格子桁を示す。

図-13~14は曲げモーメントMの変化を示している。実線は第1径間格点4、点線は第2径間格点14の値で互に相対する位置にある。 $\bar{\alpha}_2=0.5$ 前後における曲げモーメントはS型に比べC型の方が有利である。中間支点上(格点9)のMはS型の場合、

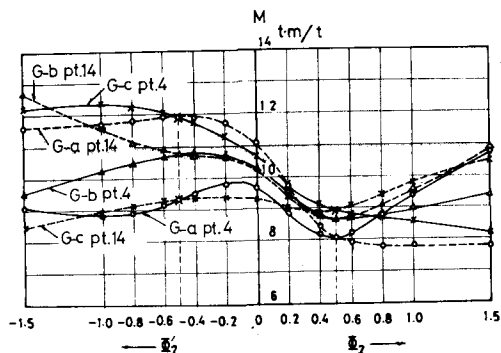


図-13

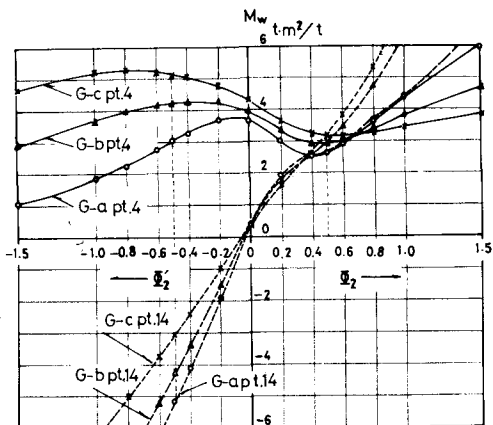


図-15

主桁 b に負担がかかることを示されているが、主桁 a, c は S 型が有利となっている。

図-15~16 は曲げねじれモーメント M_w の変化を示したものである。曲げねじれモーメントも中間支点上では S 型の方が小さいが、その他の格点では $\bar{x}_2 = 0.5$ 前後では C 型の方が有利である。

図-17 はねじり U の変化を示したものである。第 1 径間格点 4 のねじりは S 型が小さく、C 型で $\bar{x}_2, \bar{x}_2' = 0.8$ 以上のねじりが大きくなっている。格点 14 のねじりは $\bar{x}_2, \bar{x}_2'$ が大きくなるにつれて急激に大きくなる傾向にある。

6. 結論

以上は連続曲線格子桁の第 1 径間 $R_{15} = 30\text{m}$ と一定とした場合であり、一般的に判断は出来ないが本計算例では、C 型と S 型とを比較すれば曲げモーメントは殆んど差は無く、曲げねじれと変形は支点上では S 型が有利でその他の格点で $\bar{x}_2 = 0.5$ 前後では C 型が安定している。なお、単位等分布荷重 $p = 1\text{ (t/m)}$ と載荷した場合が当日講演予定である。最後に、北大工博渡辺昇教授に謝意を表します。本計算は北大計算センター FACOM 230-60 K によって行っている。

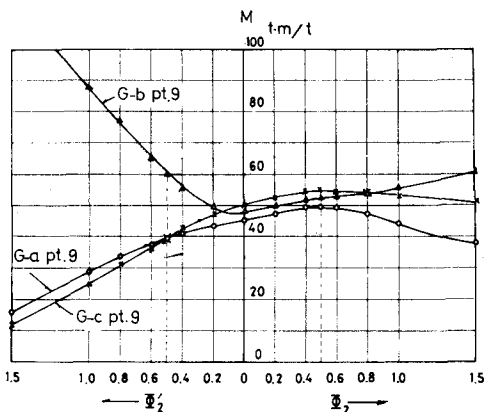


図-14

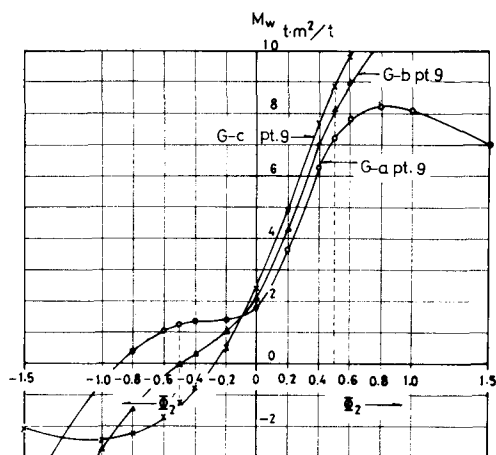


図-16

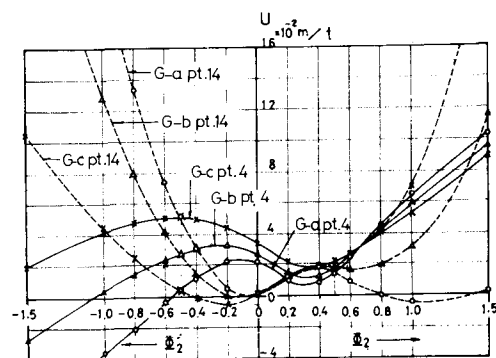


図-17