

京都大学工教 正員 米沢 博

正員 ○三上 市蔵

まえがき 曲線橋の普及に伴って曲線格子ゲタ構造の弾性解析に関する研究は相当行われてきた。しかし曲線格子ゲタ構造の安全度などを知るためには塑性解析が必要であると考えられる。著者らは、既に2本の曲線主ゲタと1本の横桁よりなる曲線格子ゲタの外主ゲタスパン中央に集中荷重が作用した場合について、極限荷重を理論的に求め⁽¹⁾、模型実験を行って、極限荷重および崩壊型式とも理論結果とよく一致することを確認した⁽²⁾。ここでは、同じ方法を用いて、集中荷重が内主ゲタのスパン中央に作用した場合について極限荷重を理論的に求め、小形模型に対する実験結果との比較を行った。

降伏条件式 格子ゲタ構造の各部材は完全塑性体と仮定し、かつ線構造物として取り扱う。図-1に示すように内外各主ゲタは同心円弧上にあり、その両端で固定されているものとする。せん断力および軸力を無視すると降伏条件式はつぎのようになる。

$$m^2 + t^2 = 1 \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 $m = M/M_0$ 、 $t = T/T_0$ で、 M_0 および T_0 はそれぞれ全塑性曲げモーメントおよびネジリモーメントであり、断面の形状によって決まる常数 ω を用いると、 $T_0 = \omega M_0$ なる関係がある。

釣合方程式 図-2において各主ゲタについて釣合方程式を立てるとつぎのようになる。

$$m_{11} = m_{12} \cos \beta - (\omega t_{12} + \gamma_1) \sin \beta \dots (2a)$$

$$\omega t_{11} = m_{12} \sin \beta + (\omega t_{12} + \gamma_1) \cos \beta - \gamma_1 \dots (2b)$$

$$m_{21} = m_{22} \cos \beta - (\omega t_{22} + \gamma_2) \sin \beta \dots (2c)$$

$$\omega t_{21} = m_{22} \sin \beta + (\omega t_{22} + \gamma_2) \cos \beta - \gamma_2 \dots (2d)$$

横ゲタに対してはつぎのようになる。

$$\omega t_{12} + i \omega t_{22} + (\beta - 1) \gamma_1 / \beta = 0 \dots \dots \dots (3)$$

ただし、 $\beta = r_1/r_2$ 、 $i = M_{20}/M_{10} = T_{20}/T_{10}$ 、 $\gamma_1 = R_1 r_1 / M_{10}$ 、 $\gamma_2 = R_2 r_2 / M_{20}$ で、内外主ゲタの断面形は相似であるとする。

極限荷重 極限荷重を P_0 としてつぎのようにならぬ。

$$\mu = P_0 r_1 / M_{10} = 2(\gamma_1 + i \beta \gamma_2) \dots \dots \dots (4)$$

崩壊型式として図-3の(a)、(b)、(c)に示すような3種類の型式を仮定する。この他の可能性のある崩壊型式についても極限荷重を誘算したが、普通の曲線橋として考えられる範囲内の β 、 i 、 β 、 ω などの値に対しては、極限荷重が(a)、(b)、

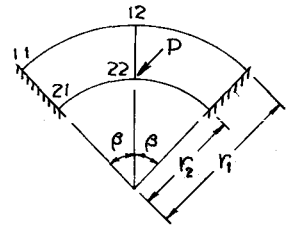


図-1

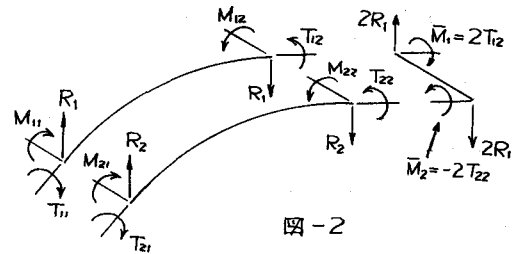
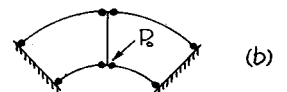


図-2



(a)



(b)



(c)

図-3

(c)の場合より大きくなるか、あるいは仮定したヒンジ以外の点で降伏条件を犯すことが判明したので、ここでは(a), (b), (c)の3種類の崩壊型式について述べる。

(a)の場合は、横ゲタの両端で曲げのみによる塑性ヒンジが生じているから

$$\bar{m}_1 = 2\psi t_{12}/j = -1, \quad \bar{m}_2 = -2\psi t_{22}/j = 1 \dots \dots \dots (5)$$

ただし、 $j = M_0/M_{10}$ である。また内主ゲタでは式(1)より

$$m_{21}^2 + t_{21}^2 = 1, \quad m_{22}^2 + t_{22}^2 = 1 \dots \dots \dots (6)$$

がなりたつ。したがって、式(2c), (2d), (3), (5), (6)の計7個の式から、 m_{21} , t_{21} , m_{22} , t_{22} , t_{12} , γ_1 , γ_2 の7個の未知量を求めれば P_0 が決定される。 m_{21} , t_{21} , $t_{22} < 0$, $m_{22} > 0$ の変形条件を考慮に入れて解くとなつぎのようになる。

$$\mu = j\varphi \left[\frac{1}{\psi} \sqrt{\frac{4\psi^2 j^2}{j^2} - 1} \cot \frac{\beta}{2} + \frac{\varphi+1}{\varphi-1} \right] \dots \dots \dots (7)$$

(b)の場合は、面主ゲタにおいて式(1)から

$$m_{11}^2 + t_{11}^2 = 1, \quad m_{12}^2 + t_{12}^2 = 1 \dots \dots \dots (8)$$

$$m_{21}^2 + t_{21}^2 = 1, \quad m_{22}^2 + t_{22}^2 = 1 \dots \dots \dots (9)$$

が成りたち、式(2a)~(2d), (3), (8), (9)の計9個の式が得られるが、未知量は m_{11} , t_{11} , m_{12} , t_{12} , m_{21} , t_{21} , m_{22} , t_{22} , γ_1 , γ_2 の10個になり、方程式が1個不足する。そこで γ_1 を μ を最大にするように働く独立変数と考へて $\partial\mu/\partial\gamma_1 = 0$ とおくとなつぎの式が得られる。

$$\lambda_{21} = [\lambda_{11} + (\varphi-1) \cot \frac{\beta}{2}] / \varphi \dots \dots \dots (10)$$

ただし、 $\lambda_{11} = \psi m_{11}/t_{11}$, $\lambda_{21} = \psi m_{21}/t_{21}$ である。以上10個の式より μ を求めると

$$\mu = 2\varphi \left[\frac{\lambda_{11} \cot \frac{\beta}{2}}{\sqrt{\lambda_{11}^2 + \psi^2}} + i \frac{\lambda_{21} \cot \frac{\beta}{2}}{\sqrt{\lambda_{21}^2 + \psi^2}} \right] \dots \dots \dots (11)$$

ただし λ_{11} はつぎの式より求まる。

$$\frac{(\varphi-1)\lambda_{11}' - (\psi')^2}{\sqrt{(\lambda_{11}')^2 + (\psi')^2}} = i \frac{(\varphi\psi')^2}{\sqrt{(\lambda_{11}' + \varphi-1)^2 + (\varphi\psi')^2}} \dots \dots \dots (12)$$

ここに $\lambda_{11}' = \lambda_{11} \tan \frac{\beta}{2}$, $\psi' = \psi \tan \frac{\beta}{2}$ である。

(c)の場合は式(2c), (2d), (3), (5a), (9)の6個の式が成りたち、未知量は m_{21} , t_{21} , m_{22} , t_{22} , t_{12} , γ_1 , γ_2 の計7個であるから、(b)の場合と同様に考へ、 $\partial\mu/\partial\gamma_2 = 0$ とおくと、

$$\lambda_{21} = \psi m_{21}/t_{21} = (\varphi-1) \cot \frac{\beta}{2} / \varphi$$

が得られる。したがって、

$$\mu = \frac{j\varphi}{\varphi-1} \left[\frac{j}{i} + 2\sqrt{(\varphi-1)^2 \cot^2 \frac{\beta}{2} + \varphi^2 \psi^2} \right] \dots \dots \dots (13)$$

式(7), (11), (13)よりそれぞれ崩壊型式(a), (b), (c)に対する極限荷重が求められる。これらの内で、それぞれ仮定したヒンジ以外の点で降伏条件を犯さないもののうち、最小値が求める極限荷重である。

数値計算および模型実験結果と理論結果との比較などについては講演会において述べる。