

関西大学工学部 正会員 三上市藏
日本情報サービス㈱ 正会員 ○山科 純

1. まえがき 曲線桁に関する研究は従来より多数あり、特に曲線桁腹板について円筒シェル理論を適用したものが多い。しかし、実際の曲線桁の挙動や耐荷力などを総合的に評価するためには、フランジも含めた I 型断面曲線桁の全体解析が必要であり、その方面でも幾つかの報告がなされている^{1) 2)}。一方、道路橋示方書(以後、道示という)の規定では、腹板幅厚比の大きな桁には水平補剛材を配することになっているが、水平補剛材も含めた研究は非常に少ない³⁾。本報告では、初期たわみのある、水平・垂直補剛材を有する曲線プレートガーダーが曲げを受ける場合を、は Dynamic Relaxation Method (D.R.M.) と差分法を用いて解析を行い、フランジおよび補剛材のパラメータが桁の挙動に及ぼす影響を調べた。

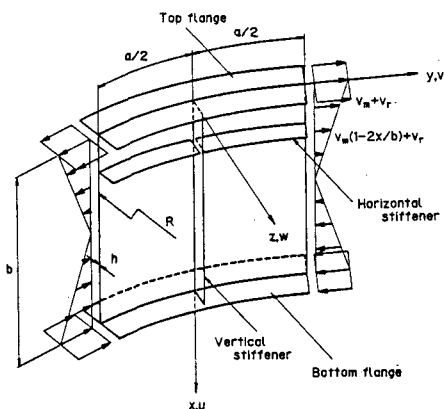


図-1

2. 基礎方程式 図-1に示す弧に沿った長さ a 、幅 b 、厚さ h 、中央面の曲率半径 R の円筒腹板パネルが、初期たわみを有し、上下辺をフランジで拘束され、さらに円周方向に1本の水平補剛材と、母線方向に1本の垂直補剛材により補剛された場合を考える。荷重としては、フランジに一樣な、腹板に直線分布する強制変位を与えて曲げモーメントを作用させ、さらに桁として純曲げを保つため一樣な調整変位を与えた。水平、垂直補剛材取り付け位置における円筒パネルの微小要素と両補剛材の微小要素を示したものが図-2である。一方、図-3には上下フランジの微小要素を示してある。円筒パネルの基礎方程式はD.R.M.を適用するため、静的つり合い式に慣性項と減衰項を付加してつぎのようになる。

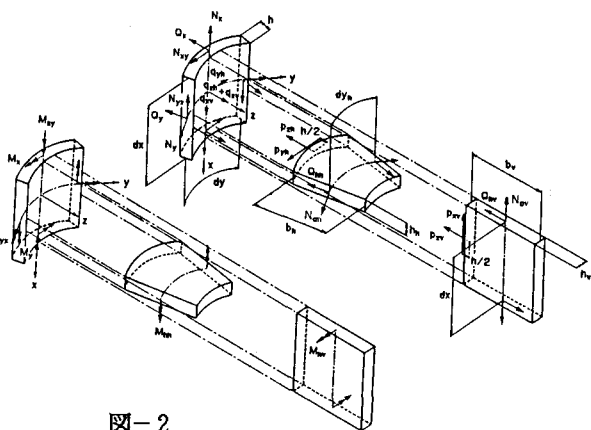


図-2

$$\begin{aligned} \rho_u \dot{u}, t + k_u \dot{u} &= N_{xx} x + N_{yx} y + q_{xv} \quad (1) \\ \rho_v \dot{v}, t + k_v \dot{v} &= N_{yy} y + N_{xy} x - (M_{y, y} + M_{xy, x}) / R + q_{yh} \quad (2) \\ \rho_w \dot{w}, t + k_w \dot{w} &= (M_{xx} x + M_{yx} y), x + (M_{y, y} + M_{xy, x}), y + N_x (\phi_x + \phi_{0x}), x + N_{xy} (\phi_y + \phi_{0y}), x + N_y (\phi_y + \phi_{0y}), y + N_{yx} (\phi_x + \phi_{0x}), y + N_y / R + q_{zh} + q_{zv} \quad (3) \end{aligned}$$

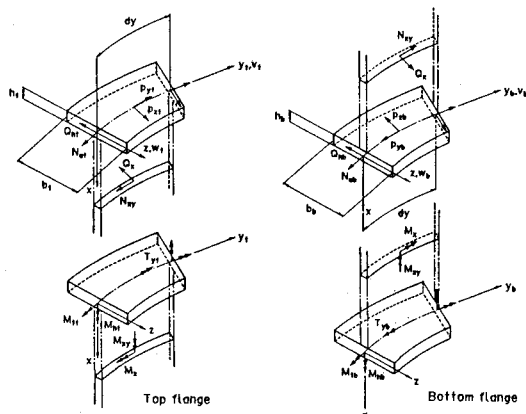


図-3

上下フランジの基礎方程式はつぎのようになる。

$$\rho_{vt} \dot{v}_{t,t} + k_v \dot{v}_t = N_{at,yt} - M_{ht,yt} / R + p_{yt} \quad (4)$$

$$\rho_{wt} \dot{w}_{t,t} + k_w \dot{w}_t = M_{ht,yt} y_t + N_{at} / R + N_{at} (\phi_{ht} + \phi_{oh})_{,yt} + p_{zt} \quad (5)$$

$$M_{tt,yt} + K_t \theta_{t,yt} y_t + T_{yt} = 0 \quad (6)$$

$$\rho_{vb} \dot{v}_{b,t} + k_v \dot{v}_t = N_{ab,yb} - M_{hb,yb} / R - p_{yb} \quad (7)$$

$$\rho_{wb} \dot{w}_{b,t} + k_w \dot{w}_t = M_{hb,yb} y_b + N_{ab} / R + N_{ab} (\phi_{hb} + \phi_{oh})_{,yb} - p_{zb} \quad (8)$$

$$M_{tb,yb} + K_b \theta_{b,yb} y_b - T_{yb} = 0 \quad (9)$$

載荷辺では面外に単純支持され、面内母線方向変位を拘束とする。

3. 数値計算結果 パラメータとしては、円筒腹板について、縦横比 $\alpha=a/b$ 、幅厚比 $\beta=b/h$ 、曲率パラメータ $Z=b^2/hR$ 、フランジについて、断面積比 $\delta_f=A_f/bh$ 、曲げ剛さ $r_{xf}=EJ_{xf}$ 、相乗剛さ $r_{pr}=EJ_{pr}$ 、ねじれ剛さ $r_{tt}=GJ_{tt}$ 、水平補剛材について、断面積比 $\delta_h=A_h/bh$ 、曲げ剛さ $r_{xh}=EJ_{xh}$ 、偏心率 $e_h=d_h/h$ を用いる。荷重としては、腹板の負担モーメント $\bar{M}_w$ を採用する。また、以後の計算には初期たわみは存在しないものとする。

(1) 無補剛曲線プレートガーダー 図-4において、フランジのねじれに関する方程式の非線形項が桁の挙動に与える影響を調べる。フランジのねじれに関する非線形項を考慮した場合(図中実線)、上フランジ中央点のねじれ角がある荷重に至ると急激に増大しており、非線形項を考慮しない場合(図中破線)大きく異なることがわかる。

図-5は、曲率が桁の挙動に与える影響を調べたものである。曲率が小さい場合、荷重の増加とともに圧縮領域のたわみが曲率外側から内側へ急激に遷移している。これは圧縮領域での腹板のたわみ波形が円周方向に1半波から3半波に移行するためである。また、曲率が大きくなるほど引張領域のたわみが大きくなっている。

(2) 水平補剛材1本を有する曲線プレートガーダー 図-6は補剛材の曲げ剛さが桁の挙動に与える影響を調べたものである。曲げ剛さ r_{xh} が最小必要剛比の1, 3, 5倍の場合を考える。補剛材取り付け位置は上辺より $0.2b$ とする。曲げ剛さが最小必要剛比の1倍の場合(図中実線)補剛効果が現れていないが、3倍以上で十分な補剛効果が見られる。また、無補剛の場合に見られた1次モードから3次モードへの移行が補剛材下側のサブパネルで起こっている。さらに、補剛材の曲げ剛さを増大すると引張領域におけるたわみが増加する傾向がある。

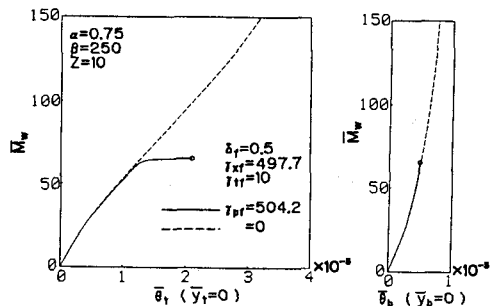


図-4

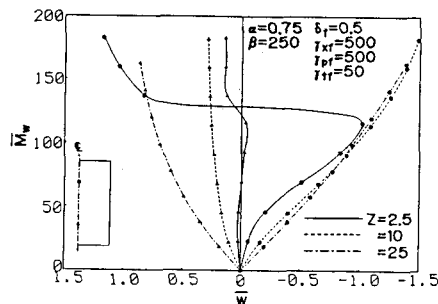


図-5

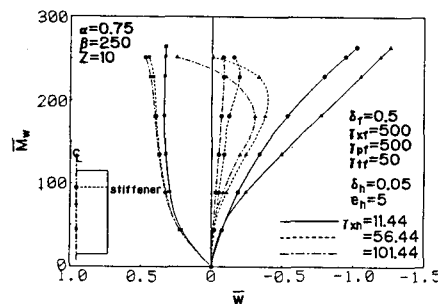


図-6

1) Hiwatashi, S., and Kuranishi, S. : Proc. JSCE, Vol.1, No.2, pp.55-69, Oct., 1984. 2) Fujii, K., and Ohmura, H. : Proc. JSCE, Vol.2, No.1, pp.69-79, Apr., 1985. 3) 末武・平嶋・依田: 構造工学論文集, Vol.32A, pp.387-397, 1986.3.