

大阪大学工学部 正員 小松 定夫
 神戸市 正員 栗村 優
 大阪大学大学院 学生員 ○牧 浦 信一

① まえがき 曲線箱けたの中間隔壁の必要剛度及び配電間隔については、設計上不明な点も多く、道路橋示方書にも中間隔壁についての明確な規定がもられていない現状である。そこで本研究は、折板構造理論を採用する事により、中間隔壁のまけたに及ぼす影響及び中間隔壁間隔について考察し、理論に立脚した、より合理的な曲線箱けた橋における中間隔壁の一設計法を提案するものである。なお解析にあたっては、対称性を利用して、容量・計算時間の低減に努めた。

② 解析法 両端を支持隔壁により単純支持された多室曲線箱けた橋のフランジとウェブの接合されている隅角部に単位集中荷重が作用する場合を扱った。曲線箱けた橋の横断面は、橋軸方向に均一な長方形断面であり、箱けたは「扇形帯板材」と「曲率を有する帯板材」より構成されている。両端の支持隔壁は面内においては十分剛で、面の垂直方向には拘束しないと仮定する。単位集中荷重は、対称荷重成分と逆対称荷重成分に分解できるが、本研究では、逆対称荷重を受ける場合を取扱った。これは、単位集中荷重の場合と、実用的にはほとんど同様な結果が得られることがわかっている。それで容量が節約できるためである。

扇形帯板材の微小変形の仮定によるたわみの解は次の重調和微分方程式を満足する。 $\nabla^4 w = 0$ (1)

両端における境界条件を満足する式(1)の一般解は $k > 1$ とし、以下のように表わせる。

$$w = \sum_{m=1}^{\infty} [\psi^k X_{1m} + \psi^k X_{2m} + \psi^{k+2} X_{3m} + \psi^{-k+2} X_{4m}] \sin k\theta \quad (2)$$

ここに、 $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial \psi^2} + \frac{1}{\psi} \frac{\partial}{\partial \psi} + \frac{1}{\psi^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2}$ w ; 板の垂直方向変位 R ; 扇形帯板材の外側端の曲率半径
 $\psi = \frac{r}{R}$ $k = \frac{m\pi}{\theta_0}$ θ_0 ; 曲線箱けた橋の中心角 $X_{1m} \sim X_{4m}$; 積分定数

扇形帯板材の平面応力を与える微分方程式は Airy の応力関数 φ を用いると、 $\nabla^4 \varphi = 0$ (3)

両端における境界条件を満足する式(3)の一般解は $k > 1$ とし、

$$\varphi = E t_a R \sum_{m=1}^{\infty} [\psi^k X_{5m} + \psi^k X_{6m} + \psi^{k+2} X_{7m} + \psi^{-k+2} X_{8m}] \sin k\theta \quad (4)$$

ここに、 E ; ヤング係数 t_a ; 扇形帯板材の板厚 $X_{5m} \sim X_{8m}$; 積分定数

曲率を有する帯板材の静的挙動を表わす Donnell の微分方程式に、Vlasov のひずみ関数 ψ を導入すると、次式が導ける。 $\nabla^4 \psi + \frac{1-\nu^2}{\beta^2} \frac{\partial^4 \psi}{\partial \xi^4} = 0$ (5) 両端の境界条件を満足する式(5)の一般解は、荷重の逆対称性を考慮し、

$$\psi = \sum_{m=1}^{\infty} [Y_{1m} \cos \beta_1 \xi_m \sinh \gamma_1 \xi_m + Y_{2m} \sin \beta_1 \xi_m \cosh \gamma_1 \xi_m + Y_{3m} \cos \beta_2 \xi_m \sinh \gamma_2 \xi_m + Y_{4m} \sin \beta_2 \xi_m \cosh \gamma_2 \xi_m] \times \sin k\theta \quad (6)$$

ここに、 $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2}{\partial \theta^2}$ ν ; ポアソン比 $\xi_m = \frac{x}{R}$ $\beta^2 = \frac{t_a^3}{12R^2}$ R ; 曲率半径 t_a ; 板厚
 $\gamma_{1,2} = \frac{\lambda}{2} [\pm 1 + \sqrt{1 + K_0^2} + K_0]$ $\beta_{1,2} = \frac{\lambda}{2} [1 \pm \sqrt{1 + K_0^2} - K_0]$ $K_0 = \frac{2K^2}{\lambda^2}$ $\lambda = \sqrt{\frac{1-\nu^2}{4\beta^2}}$
 $Y_{1m} \sim Y_{4m}$; 積分定数

式(2)(4)(6)の積分定数は、例えば2室箱けたの場合各隅角部における合計28個のつり合式より導ける。図1に示すように、各隅角部に6組の鉛直及び半径方向逆対称荷重を作用させると、各 m について、以下に示すような連立方程式が得られる。 $\mathbb{C} X = \mathbb{P}$ (7) \mathbb{C} ; 28×28 の係数行列 X ; 要素が積分定数の未知ベクトル \mathbb{P} ; 荷重ベクトル (組数型に分解してある)

以上のようにして任意点の変位及び断面力が導ける。

③ 中間隔壁の取扱い 中間隔壁の隅角部を回転させるモーメントを無視して、ただ隅角部に作用する反力のみ伝達する剛な付傾構と仮定する。図1に示すように、中間隔壁と箱けたとの間には6ヶ所の隅角部に各々1組

の垂直及び半径方向の集中反力が作用する。反力も荷重の場合と同様、隅角部に沿った短円弧上に等分布するものとした。

一般荷重下では橋軸まわりの回転変位と垂直及び半径方向の剛体変位を受けるが、逆対称荷重の作用する場合は、未知反力は2室の場合に個より6個($R_{1i}, R_{2i}; i=1, 2$)へ、未知の剛体変位成分も、図心に関する鉛直方向変位 Δ 、回転変位 θ の2つに減らしうる。上記の未知数は、各隔壁の隅角部の鉛直及び半径方向変位の適合条件と、隔壁に作用する力のつりあい条件より、決定できる。隔壁を有する曲線箱けた橋の解は、荷重と隔壁反力の影響を重ねることにより導ける。

4 解析例 Cheung¹⁾の解析例と比較した結果、断面形状と単位集中荷重を近似したにもかかわらず、十分な結果を得た。1 cell と 2 cell の曲線箱けた橋について、種々のパラメータ解析を行ない、その結果を図2・3に一例として示した。両者共に、スパン中央に単位集中荷重を作用させた時の、スパン中央断面の軸方向応力度を示している。図2において、 H_f , H_w はフランジとウェブの幅、 T_f , T_w はフランジとウェブの板厚を示している。 N は中間隔壁数を表わし、隔壁は等間隔に配置されている。 $N = \infty$ として、薄肉棒理論の解も同時に示した。 $N = 0$ の場合は、内側隅角部に荷重を載荷した時のため、他の隅角部にかけた時よりも大きな応力が生じた。またウェブを1枚加えると断面変形しない著しい効果が期待できる。中間隔壁を加えるにしたがって一般的に、最大軸方向応力度は減少し、薄肉棒理論の解に近づいていくが、

最大軸方向応力度が生じる隅角部が外側に移動し、 $N = 0$ の最大値よりも大きくなる事があるので注意を要する。図3は、本理論により求めた最大軸方向応力度 σ_{max} と薄肉棒理論により求めた σ_{max} との比を中間隔壁数 N について示したものである。なお、1荷重を作用させた場合、2次応力の作用を σ_{max} の5%以内におさめるために必要な十分に剛な中間隔壁の間隔については、講演当日に示す予定である。

5 結論

- (i) 中間隔壁を増やすと、薄肉棒理論の解に収束する。
- (ii) スパン中央に隔壁を入れると最大軸方向応力度の生じる位置が変化する。
- (iii) 外側隅角部に載荷した時、スパン中央に隔壁を入れると隔壁がない場合より応力度が大きいことがある。
- (iv) 曲線箱けた橋において横断面変形による2次応力を低減するための、中間隔壁の有効性が明確にされ、隔壁間隔の合理的な取り方を提示する。

[参考文献]

1) Cheung, M. S. and Cheung, Y. K.: Analysis of Curved Box Girder Bridges by Finite Strip Method. Pub., IABSE, Vol.31-I, p.1-19, 1971.

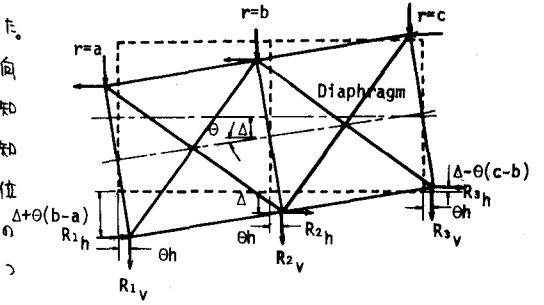


図-1 剛体変位と隔壁反力

SPAN=6000 cm ANGLE=0.8 rad. $H_f=250$ cm
 $H_w=125$ cm $T_f=T_w=1.2$ cm (1 cell)

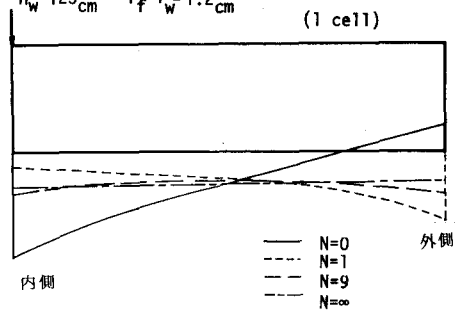


図-2 軸方向応力度分布図

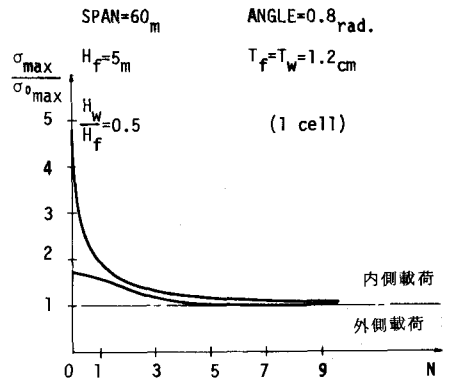


図-3 薄肉棒理論に対する最大応力比