

曲線箱げたの対傾構に関する研究

大阪大学工学部 正員 小松 定夫
大阪大学大学院 学生員 ○牧浦 信一

1 まえがき 曲線箱げたの中間対傾構の必要剛度及び配置間隔については、設計上不
明な点も多く、道路橋示方書にも明確な規定がされていない現状である。以前著者は、
折板構造理論に基づき厳密解を提示したが、今回は任意断面形状を有する箱げたが扱える
ように、有限帯板法を用いて解析を行った。中間対傾構については、十分に剛であるとの
仮定のもとに取扱った例が多いが、本研究においてはV型およびX型対傾構を取扱い、そ
の弾性変形の影響も考慮した。

2 解析法 両端を端隔壁あるいは端対傾構により単純支持された曲線箱げた橋に、単
位集中荷重が作用する場合を取扱っている。中間対傾構は、 $N+1$ 等分点に N 個設けた。任
意の横断面形状を有する曲線箱げたを帯板に分割すると、円錐帯板要素となる。要素内の
変位関数を式(1)のように仮定する。²⁾

$$\left. \begin{aligned} u(\eta, \theta) &= \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ \frac{1}{2}(1-\eta)u_1 + \frac{1}{2}(1+\eta)u_2 \right\} \cos \frac{m\pi\theta}{\theta_0} \\ v(\eta, \theta) &= \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ \frac{1}{2}(1-\eta)v_1 + \frac{1}{2}(1+\eta)v_2 \right\} \sin \frac{m\pi\theta}{\theta_0} \\ w(\eta, \theta) &= \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ \frac{1}{4}(2-3\eta+\eta^2)w_1 + \frac{1}{4}(2+3\eta-\eta^2)w_2 + \frac{1}{4}S_{12}(1-\eta-\eta^2+\eta^3)\omega_1 + \frac{1}{4}S_{12}(1-\eta+\eta^2-\eta^3)\omega_2 \right\} \sin \frac{m\pi\theta}{\theta_0} \end{aligned} \right\} (1)$$

ここで、 m ；モード、 $1, 2$ ；節線番号、 S_{12} ；帯板要素幅、 θ_0 ；中心角、 η ；自然座標
要素の剛性行列、荷重項などの誘導については講義当日詳しく述べる予定である。

3 中間対傾構の取扱い³⁾ 中間対傾構としてはX型およびV型について考慮する。こ
こではX型の対傾構について説明する。基本箱げた構造に所定荷重を作用させ、格点におけ
る変位を成分とするベクトル $\delta_j = \{\delta_j^i\}$ ($j=1 \sim N$) を求め
る。 N ；中間対傾構数、基本箱げた構造と中間対傾構の
接合点に単位荷重を作用させ、接性マトリックス $F_i = [F_{ij}]$
($i, j=1 \sim 8N$) を作る。格点に作用する不静定格点力 X
による接合点の変位を $\delta_1 = \{\delta_1^i\}$ ($i=1 \sim N$) とする。 δ_1 と
 X は次の式で関係づけられる。

$$\delta_1 = F_1 X \quad (2) \quad \text{ここに } X = \{X_j\} \quad (j=1 \sim 8N)$$

図-1に示すように、格点に作用する不静定格点力 X は、
反作用として中間対傾構にも作用する。図-2に示すよ
うに静定的に支持すると、釣合条件式により新しい力の系
 \bar{X} に変換できる。この一般化不静定力 $\bar{X} = \{\bar{X}_j\}$ ($j=1 \sim 2N$)
と X は力の変換マトリックス B により結ばれる。

$$X = B \bar{X} \quad (3) \quad \text{ここに } B = [B_{ij}] \quad (i=1 \sim N)$$

不静定格点力 X による X 方向の格点変位 δ と、一般化不静定力 \bar{X} による一般化変位 $\bar{\delta}$ の関
係は、仮想変位の原理により次のように導ける。 $\bar{\delta} = B^T \delta \quad (4)$

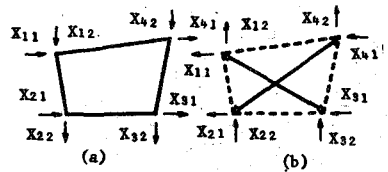


図-1 不静定格点力

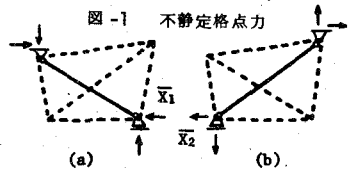


図-2 一般化不静定力

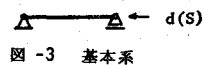


図-3 基本系

$$\bar{\delta}_0 = \mathbf{B}^T \delta_0 \quad (5) \quad \bar{\delta}_1 = \mathbf{B}^T \delta_1 \quad (6)$$

$$\text{式(3)(6)を式(2)に代入すると、} \quad \bar{\delta}_1 = \bar{\mathbf{F}}_1 \bar{\mathbf{X}} \quad (7)$$

ここに、 $\bar{\mathbf{F}}_1 = \mathbf{B}^T \mathbf{F}_1 \mathbf{B}$ 基本箱げた構造の一般化換性マトリックス、図-3のような基本系を考へ、部材の軸方向力を S_j 、その方向の変位を d_j とすると、

$$\mathbf{d} = \mathbf{F}_2 \mathbf{S} \quad (8) \quad \text{ここに、} \mathbf{S} = \{S_j\}$$

$$\mathbf{S} = \bar{\mathbf{B}} \bar{\mathbf{X}} \quad (9) \quad \mathbf{d} = \{d_j\} \quad (j=1 \sim 2N)$$

$\bar{\mathbf{X}}_j = 1 (j=1 \sim 2N)$ を作用させ、それにより生じる $S_i = b_{ij}$ が $\bar{\mathbf{B}}$ マトリックスを決定する。 $\bar{\mathbf{X}}$ による対傾構と基本箱げた構造の格点相対変位 $\bar{\delta}_2$ は、仮想変位の原理より

$$\bar{\delta}_2 = \bar{\mathbf{B}}^T \mathbf{d} \quad (10) \quad \text{式(8)(9)を式(10)に代入}$$

$$\bar{\delta}_2 = \bar{\mathbf{F}}_2 \bar{\mathbf{X}} \quad (11) \quad \text{ここに、} \bar{\mathbf{F}}_2 = \mathbf{B}^T \mathbf{F}_2 \mathbf{B}$$

基本箱げた構造と中間隔壁の相対変位 δ が 0 であることより $\bar{\mathbf{X}}$ を求める。そしてこれを所定荷重と共に基本箱げた構造に作用させる。適合条件

$$\bar{\delta} = \bar{\delta}_0 + \bar{\delta}_1 + \bar{\delta}_2 = 0 \quad (12)$$

4 結果 図-4 は要素分割数 n による最大軸方向力 $N_{0\max}$ の厳密解への収束を示す。図-5 はパラメータ rL 値による上フランジでの N_0 分布を示す。 rL とは中間対傾構のせん断剛性と箱げたのねじり剛性との比を表わす無次元パラメータである。 rL により分布は非常に異なる。 $rL=3.34$ 程度で十分剛の場合に相当し、 $rL=0.011$ 程度で対傾構のない場合の分布に相当する。図-6 は、有限帯板法で求めた最大軸方向応力 σ_{\max} と薄肉棒理論による値 $\sigma_{0\max}$ の比を rL に対してプロットしたものである。薄肉棒理論により近似できる限界を 1.05 に取ると、 $N=3$ 、中心角 0.8rad では $rL \geq 3.4$ を有する中間対傾構をいれれば良いと考える。このような手法で、曲線箱げたの各種諸元に対して調べれば、薄肉棒理論を適用して設計する場合の中間対傾構の必要剛度を、合理的に決定することができると考える。

- 5 参考文献**
- 1) 小松、栗村、竹浦; 「曲線箱げたの隔壁の補剛効果」 関33研究 第30回年報集 I-136 p.298~299
 - 2) Meyer, C. & Scordelis, A.C. "Analysis of Curved Folded Plate Structures", J.S.D.P. ASCE, Vol. 97, No. ST10 p.2459~2480, Oct. 1971
 - 3) 小西; "鋼橋設計編 I" 丸善 1975 2巻 11頁 p.398~400
 - 4) 小松、西村; 「薄肉弾性棒理論によるトラスの立体解析」 土木学会論文報告集 第238号 1975年6月 p.1~16

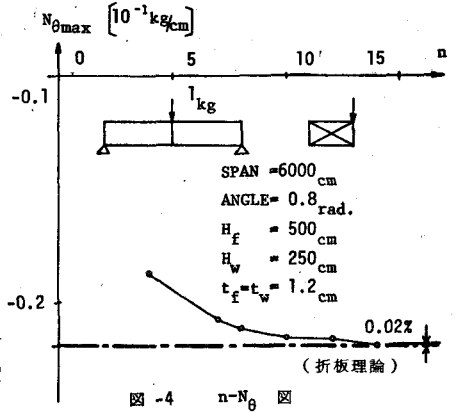


図-4 $n-N_0$ 図

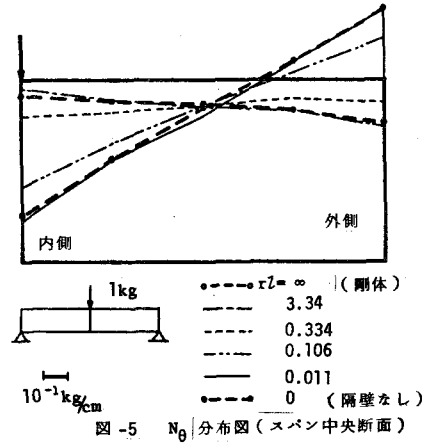


図-5 N_0 分布図 (スパン中央断面)

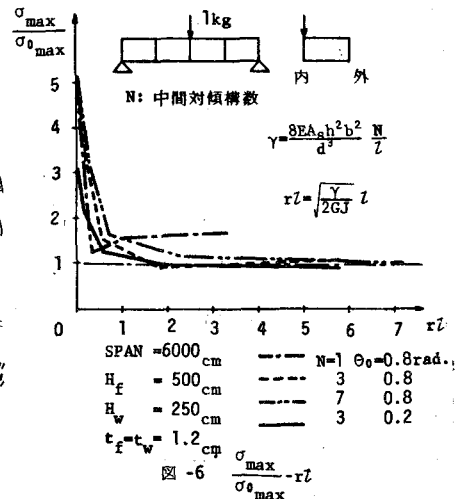


図-6 $\frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{0\max}} - rL$