

秋田大学 土木工学科 正員 ○長谷部 薫
秋田大学 土木工学科 正員 榎 農 知 徳
秋田大学 土木工学科 正員 薄 木 征 三

1. まえがき 本報告はせん断変形を考慮した薄肉曲線ばり理論※)の収束性について考察したものである。理論の構成はせん断ひずみを零と仮定して変位場を決定し、結果として得られるひずみ分布より応力分布を求め、応力のつり合い式を満たすように補正してすべてのひずみ成分を求めるという逐次近似理論となっている。古典理論を第1近似理論とし、この解から得られるせん断ひずみを用いて第2近似理論を展開し、その解の収束性を確認するために第3近似理論との比較を行なった。ここでは、箱形断面の単経間曲線げたと片持ち梁について、たわみとせん断応力に関し剛性マトリックスを用いた数値解により解の収束性を示すことにする。

2. ひずみ-変位関係式 曲率面外変位に関する第2近似、第3近似でのひずみ成分は各々次式となる。

第2近似

$$\varepsilon_{\theta} = -\frac{R_0}{\rho} (\chi \chi_{\theta} + \omega \omega_{\theta}) + \frac{E}{G} (B_x U_1' + B_{\omega} \Phi_1'), \quad \gamma_s = \theta \psi_{\theta} + \frac{E}{G} \frac{R_0^2 \rho}{\rho^*} (S_x U_1 + S_{\omega} \Phi_1)$$

第3近似

$$\varepsilon_{\theta} = -\frac{R_0}{\rho} (\chi \chi_{\theta} + \omega \omega_{\theta}) + \frac{E}{G} (B_x U_2' + B_{\omega} \Phi_2') - \frac{E^2}{G^2} (\Gamma_x U_3' + \Gamma_{\omega} \Phi_3')$$

$$\gamma_s = \theta \psi_{\theta} + \frac{E}{G} \frac{R_0^2 \rho}{\rho^*} (S_x U_2 + S_{\omega} \Phi_2) - \frac{E^2}{G^2} \frac{R_0^2 \rho}{\rho^*} (\Lambda_x U_3 + \Lambda_{\omega} \Phi_3)$$

ここで新しく導入した変位成分 $U_1, \Phi_1, U_2, \Phi_2, U_3, \Phi_3$ 、座標 $B_x, B_{\omega}, \Gamma_x, \Gamma_{\omega}, \Lambda_x, \Lambda_{\omega}$ は次のように定義した。

$$U_1 = \frac{1}{R_0^3} \left(\frac{d^3 u_1}{d\theta^3} + R_0 \frac{d\psi}{d\theta} \right), \quad \Phi_1 = \frac{1}{R_0^3} \left(\frac{d^3 \psi}{d\theta^3} - \frac{1}{R_0} \frac{d^2 u_1}{d\theta^2} \right), \quad U_2 = \frac{1}{R_0^3} \left(\frac{d^3 u_2}{d\theta^3} + R_0 \frac{d\psi}{d\theta} \right), \quad \Phi_2 = \frac{1}{R_0^3} \left(\frac{d^3 \psi}{d\theta^3} - \frac{1}{R_0} \frac{d^2 u_2}{d\theta^2} \right),$$

$$U_3 = U_1'', \quad \Phi_3 = \Phi_1'', \quad \left(' = \frac{\partial}{R_0 \partial \theta}, \quad B_x = R_0^3 \int_{S_1}^S \frac{S_x}{\rho^* t} dS, \quad B_{\omega} = R_0^3 \int_{S_1}^S \frac{S_{\omega}}{\rho^* t} dS, \quad \Gamma_x = R_0^3 \left\{ \frac{1}{R_0} \int_{S_1}^S \frac{\Lambda_{x0}}{\rho^* t} dS - \int_{S_1}^S \frac{\Lambda_{x1}}{\rho^* t} dS \right\}, \right.$$

$$\Gamma_{\omega} = R_0^3 \left\{ \frac{1}{R_0} \int_{S_1}^S \frac{\Lambda_{\omega 0}}{\rho^* t} dS - \int_{S_1}^S \frac{\Lambda_{\omega 1}}{\rho^* t} dS \right\}, \quad S_x = S_{x0} - S_{x1},$$

$$S_{\omega} = S_{\omega 0} - S_{\omega 1}, \quad \Lambda_x = \Lambda_{x0} - \Lambda_{x1}, \quad \Lambda_{\omega} = \Lambda_{\omega 0} - \Lambda_{\omega 1},$$

$$S_{x0} = \int_{S_1}^S x^* t dS, \quad S_{\omega 0} = \int_{S_1}^S \omega t dS, \quad \Lambda_{x0} = \int_{S_1}^S B_x t dS$$

$$\Lambda_{\omega 0} = \int_{S_1}^S B_{\omega} t dS, \quad S_{x1} = \int_{S_1}^S \frac{S_{x0}}{\rho^* t} dS / \int_{S_1}^S \frac{1}{\rho^* t} dS$$

$$S_{\omega 1} = \int_{S_1}^S \frac{S_{\omega 0}}{\rho^* t} dS / \int_{S_1}^S \frac{1}{\rho^* t} dS, \quad \Lambda_{x1} = \frac{1}{R_0} \int_{S_1}^S \frac{\Lambda_{x0}}{\rho^* t} dS / \int_{S_1}^S \frac{1}{\rho^* t} dS$$

$$\Lambda_{\omega 1} = \frac{1}{R_0} \int_{S_1}^S \frac{\Lambda_{\omega 0}}{\rho^* t} dS / \int_{S_1}^S \frac{1}{\rho^* t} dS$$

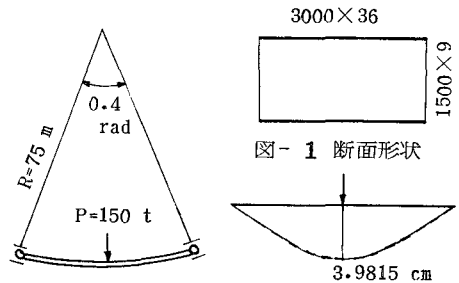


図-1 断面形状

図-2 垂直変位

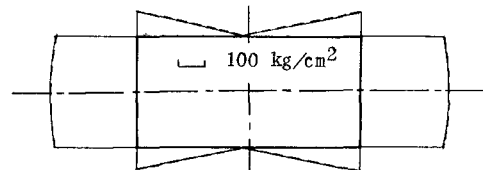


図-3 せん断応力図

—— 第2近似理論
----- 第3近似理論

3. 数値解による収束の確認 曲率面外変位に関する剛性方程式を、第2近似理論と第3近似理論の場合で解析し比較した。図-1のような断面の単経間曲線げたの中央に集中荷重が作用したときの垂直変位と載荷点付近のせん断応力分布を図-2、図-3に示す。図より第2近似理論と第3近似理論の垂直変位およびせん断応力分布の一致が認められ、解は収束しているものと判定される。

※) 長谷部, 榎農, 薄木: 薄肉曲線材のせん断変形解析、土木学会第32回年次学術講演会 PP29-30 1977