

薄肉開断面部材の断面変形を 考慮した理論とその応用

九州大学 正会員 ○丸山義一

九州大学 正会員 彦坂 熙

1. 緒言

著者らは先に、任意の多角形状薄肉開断面をもつ部材が任意荷重を受ける場合の、断面形状の変化およびそれに伴う断面内直応力を考慮した理論¹⁾を提示し、その有効性について検討してきた。本報はこの理論を集中荷重を受ける軽量ハット形鋼ばりに適用し、その力学的挙動に及ぼす断面変形の影響を棒理論の拡張により1次元的に解析するものである。

2. 解析手法と支配方程式

図-1のような長さ L 、両端単純支持の1軸対称軽量ハット形鋼ばりが上フランジ端点(点0)に $P/2$ ずつの集中荷重 P を受けるときの力学的挙動を解析する。本解析では断面形状の変化を考慮するために、図-2のような断面変形の節点と基本モードを設定する。このとき、せん断中心の y 軸方向変位 v_s と断面変形角 θ_1, θ_2 を求めるための支配方程式は文献1)より次式で得られる。

$$\left. \begin{aligned} \sum_{j=1}^2 E H_{j,x} \theta_j''' - E I_x v_s''' + q_y = 0 \\ \sum_{j=1}^2 \{ E (I_{j,j} + H_{j,x} H_{j,x} / I_x) \theta_j''' \\ - G (J_{j,j} - J_{j,j} / J) \theta_j'' + f_{j,j} \theta_j \} - E H_{j,x} v_s''' - m_{z,j} = 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

($i, j=1, 2$)

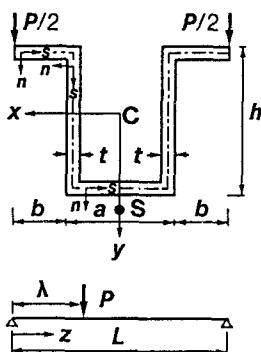


図-1 軽量ハット形鋼ばり

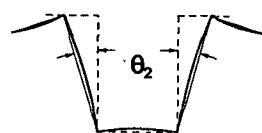
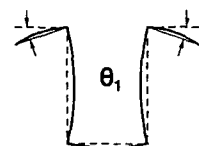
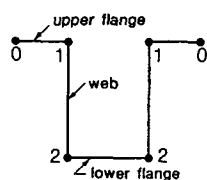


図-2 断面変形の節点と基本モード

本研究では境界条件を満足する上式の解をsin級数で仮定し、Galerkin法により未定係数を決定する。

3. 数値計算結果と考察

断面諸元 $h=60\text{mm}$, $a=30\text{mm}$, $b=25\text{mm}$, $t=1.6\text{mm}$ を持つ、スパン長 $L/h=20$ の軽量ハット形鋼ばりを対象とし、支間中央に集中荷重 $P/\sigma_y t^2=0.5$ を載荷する場合を考える。ここに、 σ_y は降伏応力である。図-3は断面変形角 θ_1, θ_2 のはり軸方向分布を示しているが、 θ_2 に対して θ_1 は荷重載荷断面で局部的に大きい。図-4, 5は、荷重載荷断面におけるはり軸方向直応力 σ_z と板幅方向直応力 σ_s の分布をそれぞれ示している。図-4(a), 図-5(a)は法線方向座標値 $n=-t/2$ すなわち、上下フランジの上側表面とウェブの内側表面における値を、図-4(b), 図-5(b)は上下フランジの下側表面とウェブの外側表面における値をそれぞれ示し、図-4(c)は断面剛を仮定したときの値である。図-4より、上フランジには2次そりによる直応力 σ_z が顕著であり、下フランジには一様な圧縮応力が働くことがわかる。一方、図-5より板幅方向直応力 σ_s は σ_z に比べて微小であることがわかる。図-6は点0, 1, 2の上側および下側の表面における直応力 σ_z のはり軸方向分布を示している。荷重載荷断面($z/L=0.5$)に対して $z/L=0.47$ の断面では、点0における σ_z の符号が逆になっている。一方、節点1, 2における σ_z は板厚方向にはほぼ一様であり、支点に近づくにつれて断面剛を仮定したときの値に漸近することがわかる。

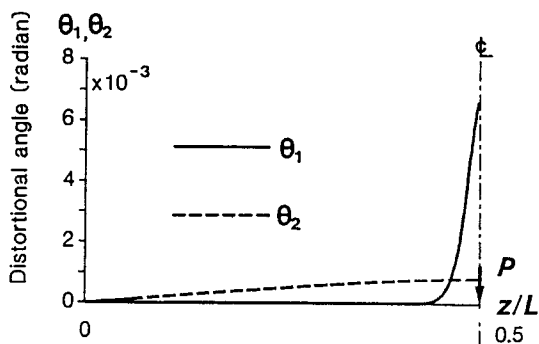
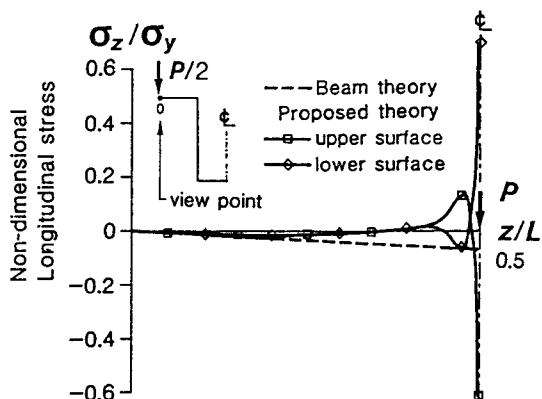
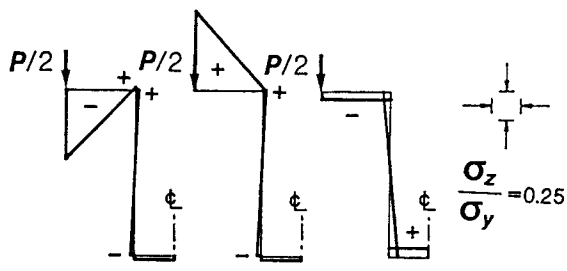


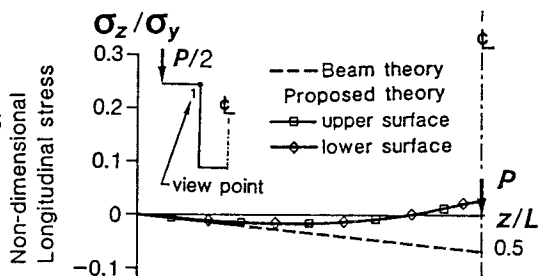
図-3 $\theta_1, \theta_2 - (z/L)$ 曲線



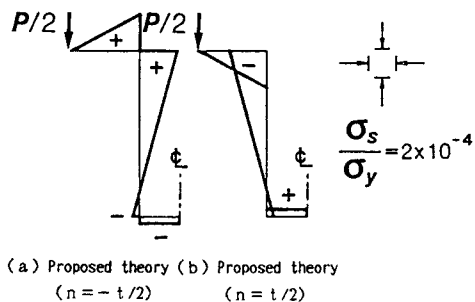
(a) Point 0



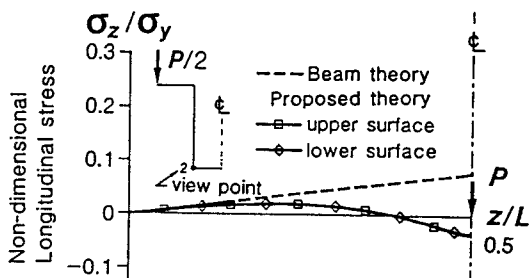
(a) Proposed theory (b) Proposed theory (c) Beam theory
($n = -t/2$) ($n = t/2$)



(b) Point 1



(a) Proposed theory (b) Proposed theory
($n = -t/2$) ($n = t/2$)



(c) Point 2

図-6 $\sigma_z - (z/L)$ 曲線

《参考文献》

- (1) 彦坂, 高海, 丸山: 薄肉開断面材の断面変形を考慮した有限変位理論と弾性安定問題への応用, 構造工学論文集, Vol. 32A, 1986-3.