

純せん断応力を受ける腹板の極限強度について

大阪大学工学部 正員 小松 定夫
 大阪大学工学部 正員 奈良 敬
 大阪大学工学部 学生員 ○野上 勉

① まえがき 一般に、せん断応力が作用する薄板については、斜め張力場の発生により後座屈強度が十分に期待できると考えられており、後座屈強度や極限強度に関する研究は主として張力場理論により塑性解析の立場から実施されてきた。今回、有限要素法を適用して初期にわみと残留応力を同時に考慮できる弾塑性有限変位理論に基づくハイブリッド変形法により、純せん断応力を受ける腹板の極限強度について考察したので、報告する。

② 解析法 Hybrid displacement model に基づく有限要素法¹⁾により定式化された弾塑性有限変位解析法を拡張している。本解析法は von Mises の降伏条件ならびに Prandtl-Reuss の塑性流れ則に従う完全弾塑性材料を対象としている。

③ 解析モデル 合成単純I桁橋を対象として実橋断面調査を実施し、その結果を解析モデルの寸法諸元に反映させた。その一部を表-1に示す。初期にわみは道路橋示方書の製作許容値とした。残留

表-1 腹板パネルのパラメータ

パラメータ	実測の範囲	解析モデル
t (腹板厚)	0.9 ~ 1.1	0.9
H/t (幅厚比)	80 ~ 240	120 ~ 200
L/H (縦長比)	0.5 ~ 1.0	0.5 ~ 1.0
M_p^* ($\times 10^{-3}$) 注)	0.4 ~ 3.8	1 ~ 4

注) $M_p^* = M_p / H^2 \sigma_{YH}$, σ_{YH} : 腹板の降伏応力
 M_p : フランジの全塑性モーメント

応力については、文献2)に基づいた。境界条件については、図-1に示すように、垂直補剛材で区切られる連続パネルを中間パネルモデルとして取りだし仮定した。すなわち、面内については、

$$\left. \begin{aligned} U(X=0, Y) &= U(X=L, Y) \\ \sigma_x(X=0, Y=0) &= \sigma_x(X=L, Y=0) \\ \sigma_x(X=0, Y=H) &= \sigma_x(X=L, Y=H) \end{aligned} \right\} (1)$$

を制約条件に加えた。面外については周辺単純支持とした。

④ 数値計算例と考察

まず、解析モデルとして仮定した中間パネルモデルの面内境界条件(1)の妥当性について検証する。図-2には、連

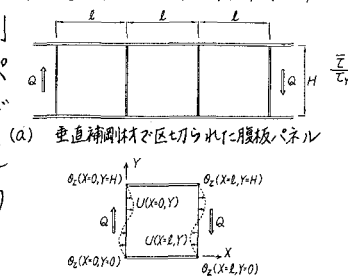
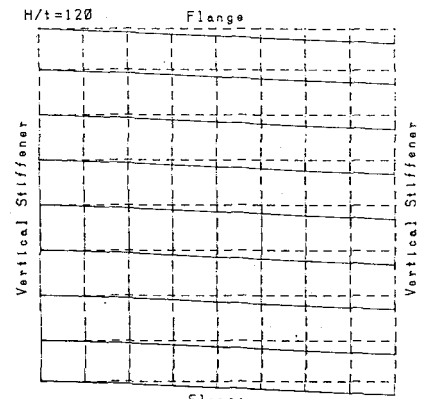
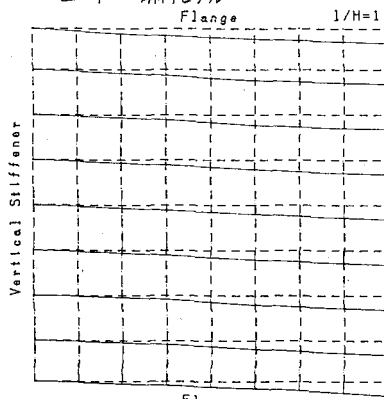
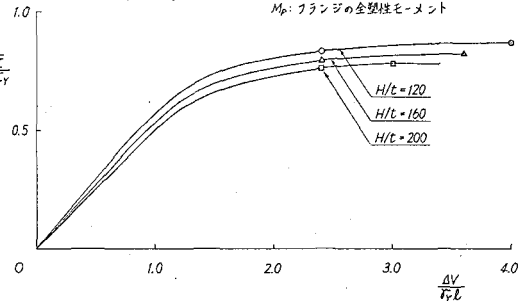


図-1 解析モデル



繞する腹板パネルを3パネル取りだして解析した場合の中央パネル、および中間パネルモデルを用いて解析した場合の面内変位を示す。これより垂直補剛材位置におけるX軸方向変位 u がよく一致していることがわかった。この中間パネルモデルを用いて、幅厚比 $H/t=120, 160, 200$ について数値計算を行なった結果について述べる。図-3は、平均せん断応力度とせん断変形の関係を示す。幅厚比の値にかかわらず、それは明確なピークを持てず、せん断変形が進んでも極限強度を保持している。図-4, 5は、 $H/t=200$ の場合の極限状態(図-3中の■印)における面内変位と面外変位を示す。図-4からは腹板のねわみによってフランジが内側に引っ張られていることがわかる。図-5より、ねわみ波形は、対称波形の $\sin(\pi x/l)$ $\sin(\pi y/H)$ と逆対称波形の $\sin(2\pi x/l) \sin(2\pi y/H)$ が著しく卓越していることがモード分解よりわかった。

図-6は、 $H/t=160$ の場合の極限状態(図-3中の▲印)におけるフランジの曲げモーメントの分布図を示す。この図より、フランジの両端での曲げモーメントが等しいこと、およびフランジに塑性ヒンジを生じさせるには、さらに大きなせん断変形を与える必要があることがわかる。図-7は、 $H/t=120$ の場合について、 $\bar{\sigma}_y = 0.831$ (図-3中の○印) および $\bar{\sigma}_y / \sigma_y = 0.871$ (図-3中の●印) における主応力度の大きさと方向を示す。 $\bar{\sigma}_y = 0.831$ のときには、極限強度 $\bar{\sigma}_{max} / \sigma_y$ の値に殆ど近い

強度を持つが斜め張力場は全く見られない。一方、極限状態においては斜め張力場の発生が見られる。

あとがき 極限状態における挙動はらびに極限強度について、斜め張力場理論に基づく塑性解析法の立場に

つ研究例との比較検討は、講演当日に行なう予定である。

参考文献

- 1) F.Kikuchi and Y.Ando, Journal of the Faculty of Engineering, The University of Tokyo(B), Vol.31, No.1, 1973.
- 2) 森脇・藤野: 土木学会論文報告集, 第249号, 1976.

$1/H=1.0 \quad H/t=200$

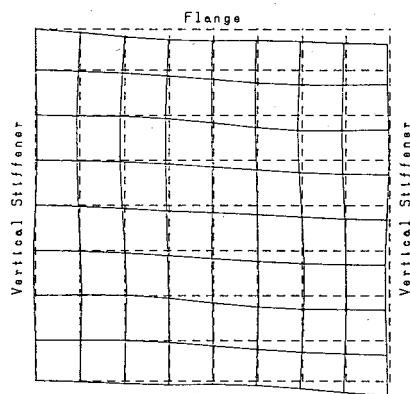


図-4 面内変位

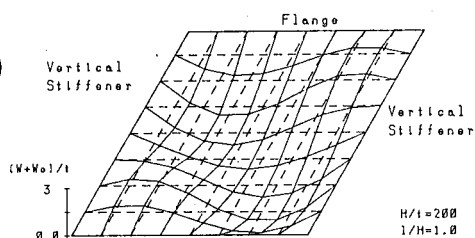


図-5 面外変位

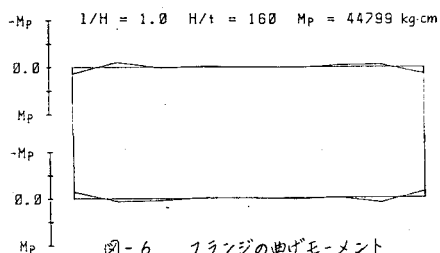


図-6 フランジの曲げモーメント

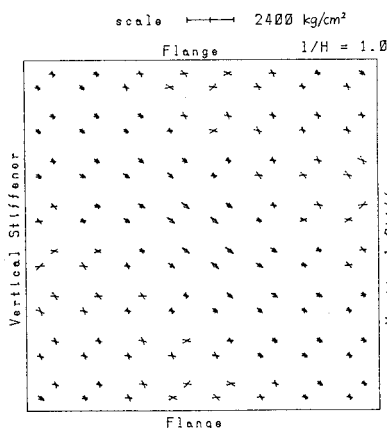


図-7(a) 主応力度の分布図 ($\bar{\sigma}_y / \sigma_y = 0.831$)

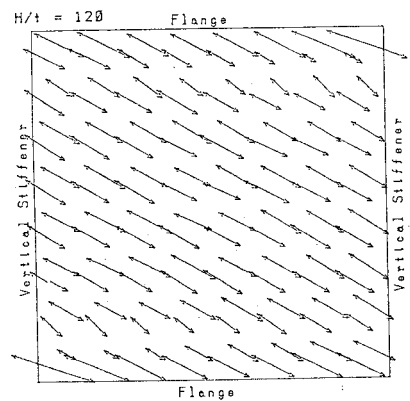


図-7(b) 主応力度の分布図 ($\bar{\sigma}_y / \sigma_y = 0.871$)