

京都大学 正員 丹羽 義次

京都大学 正員 渡辺 英一

高知高専 正員○勇 秀憲

1. まえがき

本報告は、カタストロフィー理論を用いた構造物の弾塑性耐荷力の簡易評価法を、鋼圧縮補剛板へ適用するものである。対象とする補剛板モデルは、軸圧縮方向の縦補剛材を有する周辺単純支持矩形板である。座屈形状としては、補剛材と板パネル全体の補剛板全体座屈および補剛材が節を形成する板パネルの局部座屈の2通りを考慮し、それぞれ、初期不整に対する敏感性という形で弾塑性耐荷力を算定する。

2. 解析手法

筆者らはすでに構造物の弾塑性耐荷力推定のため、カタストロフィー理論に基づく簡易手法を柱、板および梁構造モデルに対し提案してきた。¹⁾ここでは、特に鋼圧縮補剛板の全体座屈モードへの適用を述べる。

図-1は、単一の縦補剛材を有する周辺単純支持圧縮補剛板モデルである。板パネル断面には、補剛材接合部で引張り応力が最大で板パネル部中央で圧縮応力が最大となる初期残留応力分布が存在するものとする。また、補剛材断面内の残留応力はある一定の大ききで一様に分布していると仮定し、補剛板の残留応力は板パネルと補剛材の全体として初期自己平衡状態を満足しているものとする。さらに、補剛材のねじり剛性の影響は無視する。以下に本簡易評価法の概略を述べる。

第1に、無補剛板の場合²⁾と同様に異方性板的なアプローチにより、初期たわみを持たない補剛板の弾塑性分岐座屈応力 σ_{cr} が求められる。補剛板は分岐後安定な弾塑性後座屈経路を持つものとする。この経路は、図-2において、平均圧縮応力 σ と最大たわみ w の関係として曲線ACEで与えられる。第2に、補剛板の極限状態に対応する塑性崩壊機構曲線BCDを定義する。ここに、塑性崩壊機構は板パネル部と補剛材に関して図-1の一点鎖線で示される。第3に、この後座屈経路と崩壊機構の交点 (σ^*, w^*) を等価分岐点として求める。点Cをいわゆる非対称分岐点に持つような擬似ポテンシャルを、この点の近傍で定義する。このポテンシャルに対し、カタストロフィー理論から誘導される特異点集合、つまり、荷重極値条件を満たす耐荷力と初期たわみの関係、が塑性崩壊機構曲線上で実現できると考えると、弾塑性耐荷力が初期たわみに対する敏感性といった陽な形で表現できる。これは、折り目のカタストロフィーの分岐集合に対応する。

$$\frac{\sigma_m}{\sigma^*} = 1 + \alpha^* w_o^* - \sqrt{2 \alpha^* w_o^* \left(1 + \frac{1}{2} \alpha^* w_o^*\right)}$$

ここに、 σ_m は弾塑性耐荷力で、 w_o^* は等価初期たわみとよばれ初期たわみ w_o を以下のように変換して決定される。また、 α^* は上記の意味より塑性崩壊機構曲線上の点Cにおける勾配から定められる。²⁾

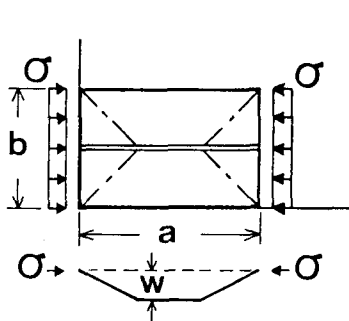


図-1 崩壊機構

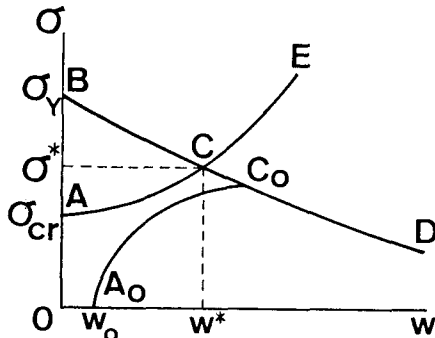


図-2 分岐集合

さて、補剛板の全体座屈に対しても板パネルの局部座屈に関する一般化幅厚比 R を代用すると、 $R \rightarrow 0$ と $R \rightarrow \infty$ のとき耐力が初期たわみの影響をほとんど受けないことを考慮し、さらに弾性分岐座屈域と弾塑性分岐座屈域の遷移点（一般化幅厚比の値 R_p ）での連続性より、上記の等価初期たわみ w_o^* を導入する：

$$w_o^* \equiv \mu(R) w_o, \quad \mu(R) \equiv \mu_o \left(\frac{R}{R_p} \right)^\beta$$

なお、弾性および弾塑性分岐座屈応力 σ_{cr} は、与えられた板パネルの一般化幅厚比 R 、最大圧縮残留応力の大きさ σ_y 、補剛材の曲げ剛比 γ 、および断面積比 δ 等から定められるが、ここではつねに最小の σ_{cr} を与えるような補剛板の縦横比 ϕ を持つ矩形板に対し求めることにする。つまり、 ϕ の値は R の陰関数として数値計算される。

一方、板パネルの局部座屈に対しては図-1の補剛板モデルのうち半分の板幅 $b/2$ を持つ単純支持矩形無補剛板として上記と全く同様にして弾塑性耐力を評価する。²⁾

3. 数値計算例

典型的な単一補剛材モデルの数値計算結果を、図-3および図-4に示す。

図-3は、補剛板全体の座屈モードに対応するもので、曲げ剛比 $\gamma = 10$ （相対剛比 $\gamma/\gamma^* = 0.34$ 、 $\delta = 0.1$ ）で与えた。残留応力分布は、板パネル部で放物線分布 $\sigma_r = 0.4\sigma_y$ 、補剛材 $\sigma_{rs} = -0.2\sigma_y$ であり、また初期たわみ w_o は、補剛材自身を柱と考え座屈半波長 a に対し $w_o/a = 1/1000$ の全体座屈モードで与えた。

また、図-4は同様の補剛板モデルの板パネルの局部座屈に対応する耐力力曲線である。補剛材が全く節となるので半幅の無補剛板から計算してもよい。²⁾ 残留応力分布は上記の全体座屈と同じであるが、初期たわみは局部板パネル幅 $b/2$ に対し $w_o/b = 1/300$ の局部座屈モードで与えた。

2つの図の横軸はともに板パネルの一般化幅厚比 R であり、縦軸は耐力力 σ_m/σ_y の値である。特に、図-3には補剛板全体座屈に対する Euler 曲線も示している。また、各初期たわみは、各座屈モードに対応するもののみを与えた。詳細は当日発表する。

参考文献 1) Niwa, Y., et al.: A unified view on the str. of columns, beams & compr. plates through catastrophe theory. 3rd Int. Colloquium on Stab. Metal Strs., Paris, 1983. 2) Niwa, Y., et al.: A new approach to predict the str. of compr. steel plates. Proc. JSCE, No. 341, 1984.

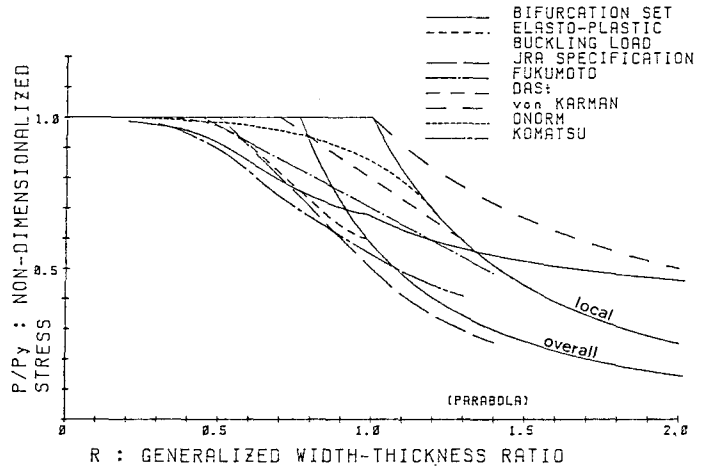


図-3 耐力力曲線

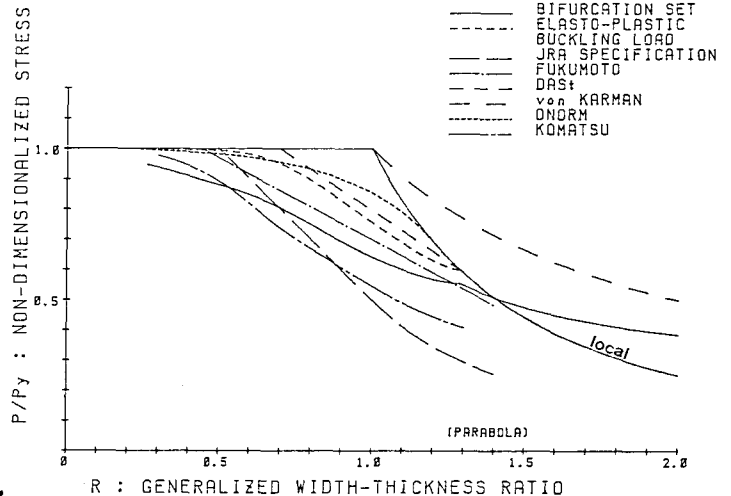


図-4 耐力力曲線