

京都大学工学部
京都大学工学部
京都大学工学部

学生員 ○中川 昇
正 員 丹羽 義次
正 員 渡辺 英一

(1) はじめに

高強度の材料の開発によって、今日では構造物の部材はますます細く薄くなる傾向にある。それに伴い、構造物のカタストロフィー特性を究明することは、いよいよ重要な問題となつてきている。

カタストロフィー特性を論ずる場合、構造物の初期不整か、カタストロフィー特性とどのように関連し、また耐荷力にどのような影響を与えるかということを調べることは、非常に重要なことであると思われる。

本研究では、多自由度構造物の静的弾性不安定問題を定性的に把握するために、2自由度モデルを考え、そのカタストロフィーと初期不整の影響を論ずる。さらには、多自由度モデルを解析し、各々のモード間の相互作用を調べ、多自由度モデルを自由度の小さいモデルに還元できるか、できるならばどのような場合に可能かを検討する。

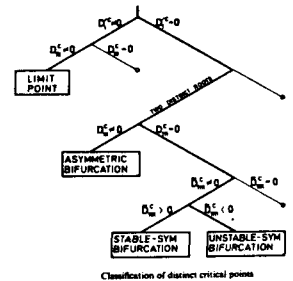
(2) 構造物のカタストロフィー

離散系のポテンシャルエネルギーは、一般に $V(Q_i, P)$ の形で表現される。ここに Q_i は変位を、 P は荷重を示すパラメータである。このとき、ポテンシャルエネルギーの増分は次式で表わされる。

$$\delta V = V_i \delta Q_i + \frac{1}{2!} V_{ij} \delta Q_i \delta Q_j + \frac{1}{3!} V_{ijk} \delta Q_i \delta Q_j \delta Q_k + \dots$$

($V_i \equiv \partial V / \partial Q_i$, 以下同様)

カタストロフィー特性は、主に上式中の δQ の3次以上の項によって決定され、Thompson は 1 自由度系について、上図のような分類を示している。ここに D は、第2変分 V'' が対角化されるような Affine 変換をほどこしてポテンシャルエネルギーを表現したものであり、 $'$ は $\partial/\partial P$ を、添字 c は Critical 状態 ($D_{11} = 0$) を示している。



(3) 2 自由度モデルによる解析

ここでは、上記の4つの基本的カタストロフィーを組み合わせた2自由度モデルを数例述べる。

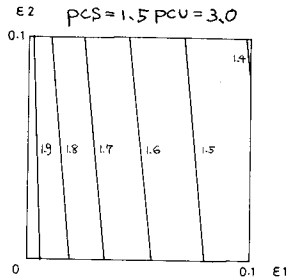
まず Stable-sym.b. と Stable-sym.b. との組み合わせ (S-S) では、系の挙動は低次の座屈荷重を有するモードに支配される。また常に $\partial P / \partial \alpha_i \geq 0$ であることから、Imperfection Sensitivity は論じられない。

次に、Stable-sym.b. と Unstable-sym.b. (S-U) 、及び Stable-sym.b. と Asymmetricb. (S-A) との組み合わせでは、Imperfection Sensitivity に関して次ページに示すような耐荷力の等高線図が得られた。図より明らかのように、耐荷力の低下は座屈荷重の低いモードの初期不整に大きく影響されることかわかる。また、カタストロフィー特性に関して、(S-A) の場合、Stable-sym.b. となるのだが、Post buckling path では 1 自由度モデルにおける

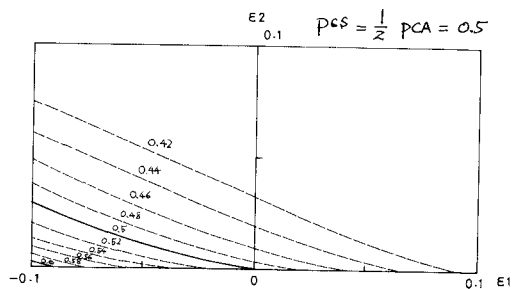
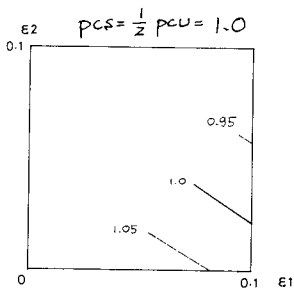
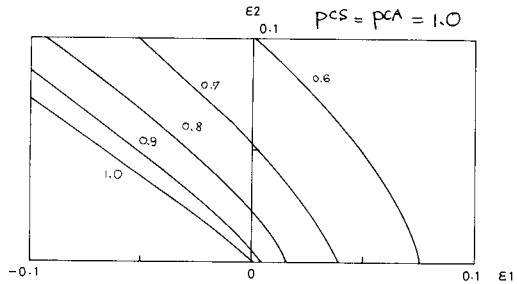
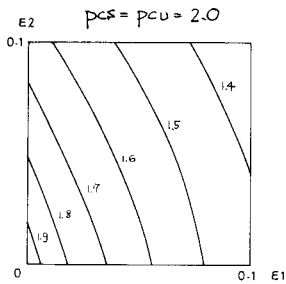
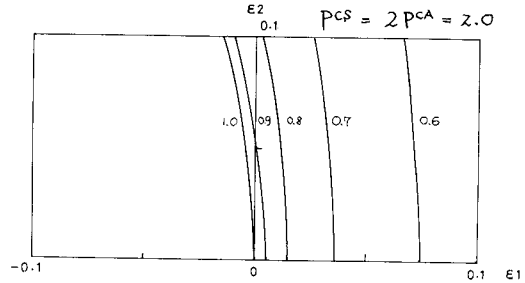
Asymmetric b. 及び Unstable-sym. b. のような path が見られ、多自由度系のカスastropheは、もはや1自由度系と同等に扱えないことが、ここに明らかとなった。

以下、(S-U), (S-A) の Imperfection Sensitivity を図示する。ここに p_{CS} , p_{CU} , p_{CA} は、それぞれ Stable-sym. b., Unstable-sym. b., Asymmetric b. のモードの座屈荷重を表わしている。また E_2 は Stable-sym. b. のモードの初期たわみを、 E_1 は組み合わせた他のモードの初期たわみを示している。なお、 P , ε とともに無次元量である。

(3)-1 (S-U)



(3)-2 (S-A)



なお、多自由度モデルの解析は、Condensationの手法を用いて、小自由度の問題に直してやればよいわけだが²⁾、詳しくは 当日に発表する予定である。

参考文献

1) Thompson, J.M.T & G.W. Hunt: A General Theory of Elastic Stability
John Wiley & Sons, 1973

2) 勇 秀 憲: 土木構造物のカスastropheに関する基礎的考察, 土木学会関西支部 年次講演 1978