

I-110

カタストロフィー理論を応用した軸力を受ける円筒シェルの強度解析について

福井高専校長 正 員 丹羽 義次
 京都大学工学部 正 員 渡辺 英一
 高知高専 正 員 勇 秀憲
 京都大学大学院 学生員〇京極 靖司

1. まえがき

今日、円筒シェルは、貯蔵タンク、パイプライン、原子力発電所等土木構造物として利用されることが少なくない。一般に、軸圧縮を受ける円筒シェルの耐荷力は、初期不整に対して敏感であるため、その安定性を評価することは重要な課題となっている。

昨年、丹羽、渡辺、勇らは、カタストロフィー理論を弾塑性域に拡張することにより、分岐点（弾塑性座屈点）近傍の擬似的なポテンシャルを求めて、円筒シェルの弾塑性耐荷力の解析を行っている。しかし彼らの研究では、塑性崩壊機構が、耐荷力に及ぼす影響を考えていない。そこで、本研究では、塑性崩壊機構の影響を考慮した円筒シェルの弾塑性耐荷力を、初期不整に対する敏感性という形で求めた。

2. 解析手法

材料はすべて完全弾塑性体とし、残留応力分布は、円筒シェルの長さ方向に一樣であると仮定する。また座屈モードとしては、軸対称モードと非対称モードの2つを考える。まえがきで述べた、丹羽らの解析法をI法（1st Method）とする。弾塑性域でのつり合いより、円筒シェルの後座屈釣合径路を求めることができ、次式で与えられる。

$$Ay^2 + (\sigma_{CR1} - \sigma)x = 0$$

$$16Axy + (\sigma_{CR2} - \sigma)y = 0$$

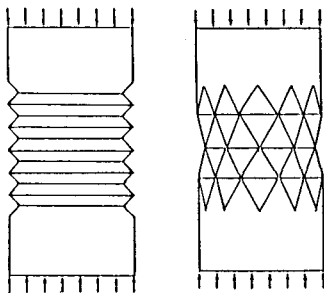
... ①

ここに、 σ は、降伏荷重で無次元化した耐荷力、 σ_{CR1} 、 σ_{CR2} は、弾塑性座屈荷重である。また、 x, y は、それぞれ軸対称モードと非対称モードを板厚で無次元化した面外変位、 A は残留応力、座屈モード等から決定される定数である。次に、円筒シェルの塑性崩壊機構として、図-1に示すリング型、ダイヤモンド型の崩壊機構を考える。これらはそれぞれ軸対称モード、非対称モードに対応するもので次式で表わされる。

$$x = (1 - \sigma^2)/4\sigma$$

$$y = 3(1 - \sigma^2)/4\sigma$$

... ②



a) Ring type b) Diamond type

図-1 塑性崩壊機構

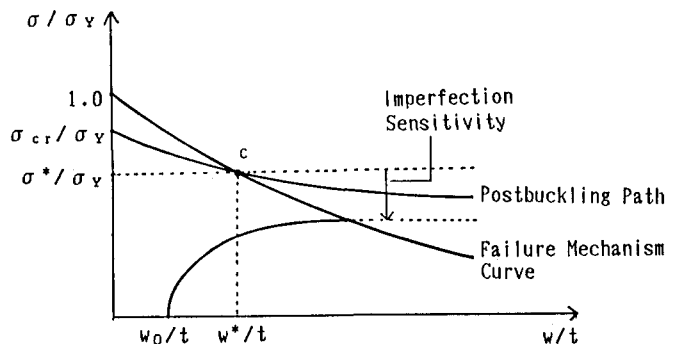


図-2 等価分岐点

ここで、後座屈鈎合径路と崩壊機構曲線との交点Cを求める。図-2に示すように交点Cを等価分岐点とみなして、円筒シェルの耐荷力を初期不整に対する敏感性の形で求めることができる。これを次式に示す。

$$\sigma / \sigma^* = 1 + \alpha \epsilon - \sqrt{2 \alpha \epsilon (1 + 1/2 \alpha \epsilon)} \quad \dots \quad (3)$$

ここで、 α は、図-2のC点における崩壊機構曲線の傾きを用いて、次のようになる。

$$\alpha = \sigma^* / A_p (1 + \sigma^{*2}) \quad \dots \quad (4)$$

ただし、 σ は耐荷力、 ϵ は板厚で無次元化した初期たわみを表わす。また、 A_p は崩壊機構の形によって求まる定数である。なお、この解析法をII法（2nd Method）とする。

3. 数値解析例

軸圧縮を受ける無補剛円筒シェルの耐荷力曲線を図-3、図-4に示す。残留応力は最大圧縮応力が降伏応力の40%となる放物線分布を仮定した。図-3、図-4は、崩壊機構としてそれぞれリング型、ダイヤモンド型を仮定した場合の結果である。図中の一点鎖線、実線が、それぞれI法、II法による耐荷力を示す。また、図中の実験データは、Robertson¹⁾らのものを引用した。なお、詳細は当日発表する。

参考文献

- 1) F.W.Bornscheuer : Plastisches Beulen von Kreiszyinderschalen unter Axialbelastung, Der Stahlbau 50 (1981) S.257-262.

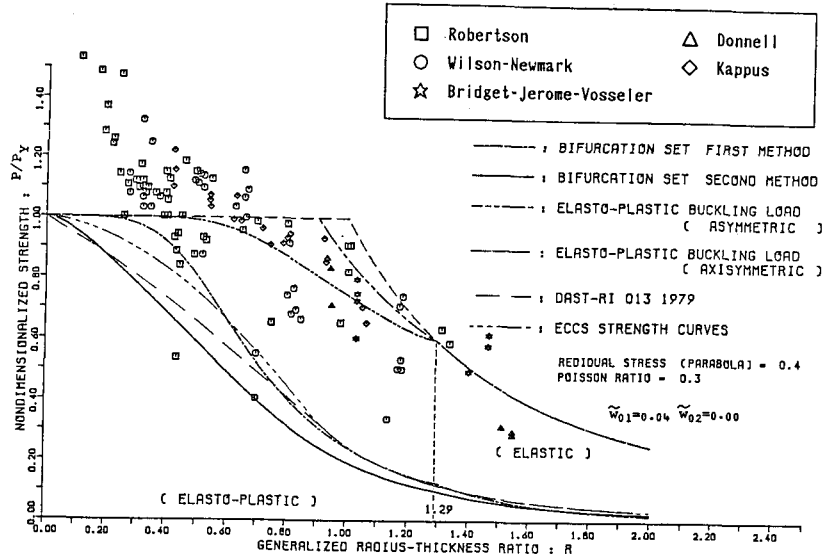


図-3 耐荷力曲線（軸対称モード）

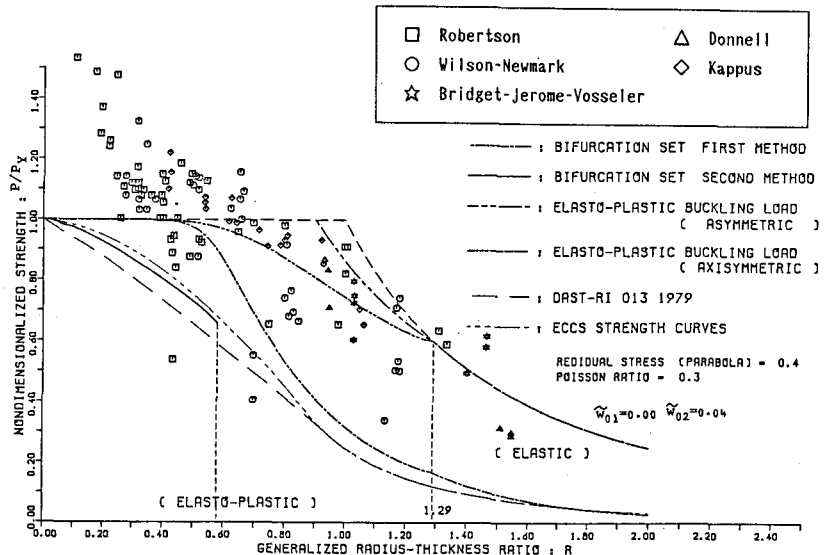


図-4 耐荷力曲線（非対称モード）