

I-68

面内曲げ・圧縮を受ける鋼薄板の極限強度に与える変形経路の影響について

鶴竹中工務店 正員 北原武嗣
 京都大学工学部 正員 渡邊英一
 京都大学工学部 正員 古田 均
 京都大学工学部 正員 杉浦邦征

1. はじめに

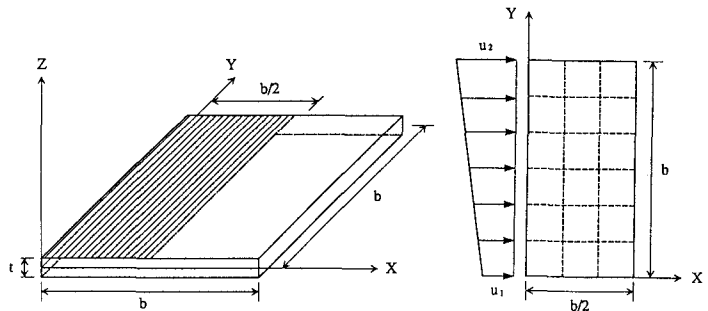
鋼構造物が巨大化・長大化されていくと、その構成要素である板パネルは軽量化のために薄肉構造となる傾向にある。このように構造物が薄肉化されると、その崩壊機構としては座屈現象が大きな要因を占めるようになる。また、設計法が許容応力度設計法から限界状態設計法へと移行しつつある現在、構造物の終局状態を解明する必要が生が高まってきている。したがって、薄肉構造物の構成要素である板パネルの座屈現象をも含めた非線形終局挙動を把握することはきわめて重要な課題であると考えられる。そこで本研究においては、面内の曲げおよび圧縮を受ける鋼薄板を対象とし、その極限状態に与える変形経路の影響について考察を行った。

2. 解析方法

弾塑性有限変形領域まで精度よく解析を行うため、アイソパラメトリック・シェル要素を用いた有限要素法による解析プログラムを構築した。本解析法の特徴を簡潔にまとめるとつぎのようになる。(1) 使用要素は9節点ヘテロシス要素。(2) 幾何学的非線形性は全ラグランジェ法による増分表示。(3) 等方硬化の完全弾塑性体とし、von Mises の降伏条件および塑性流れ理論 (Prandtl-Reussの式) に従うものとした。(4) 数値積分に選択的次數低減積分法を用いた。(5) 板厚方向の塑性化の進展を考慮するために層割を行った。(6) 修正Newton-Raphson法を用いて収束計算を行った。

3. 解析モデル

解析モデルは図1に示すような正方形板とする。この正方形板に初期たわみ w_0 を導入する。ただし、 $w_0 = 0.1 \cdot \sin(2\pi/b)x \cdot \sin(2\pi/b)y$ とした。本解析では図1に示したように境界節点に強制変位を与えることにした。ここでは変形を、 $d = (u_1 + u_2)/2$ 、 $\phi = (u_2 - u_1)/b$ とし、変形を $d:\phi = 1:1, 3:1, 1:3$ の3とおりにして、それぞれ d と ϕ を同時に与える場合を比例変形、 ϕ を与えた後に d を与える場合を非比例変形と呼び、この2つの変形経



$$\begin{aligned}
 E &= 2.1 \times 10^6 \text{ (kg/cm}^2\text{)}, \quad \sigma_y = 2.4 \times 10^3 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \\
 \nu &= 0.3, \quad b = 60.0 \text{ (cm)}, \quad t = 1.0 \text{ (cm)}
 \end{aligned}$$

図1 解析モデル

路による極限状態の解析を行った。極限状態とは荷重パラメータ K が最大値をとるときのこととした。ここに $K = P/P_y + M/M_y$ 、 $P_y = \sigma \cdot bt$ 、 $M_y = \sigma \cdot bt^2/6$ である。

4. 解析結果

解析結果を図2～4に圧縮力－面内曲げモーメント図として、表1には荷重パラメータの値を示す。図中丸印は比例変形を、三角印は非比例変形を与えたときの結果を示しており、横軸は P_y で縦軸は M_y で無次元化してある。表2より 1:1以外では非比例変形を与えたときの方が比例変形を与えたときよりも2～5%程度極限荷重が大きくなっている。しかし、これを図2～4でみると余りその違いははっきりしていない。これらのことからつぎのようなことが言える。すなわち、構造物の受ける変形経路が異なる場合、材料および幾何非線形性の影響によりその極限強度には差異が生じるが、今回のように単調変形でしかも完全弾塑性体のときには、その差異の程度は余り大きなものではない。しかし硬化材料や繰返し変形を受ける構造物の場合、今回より大きな差異の生じる可能性があるので、今後同様の解析を行っていく必要がある。

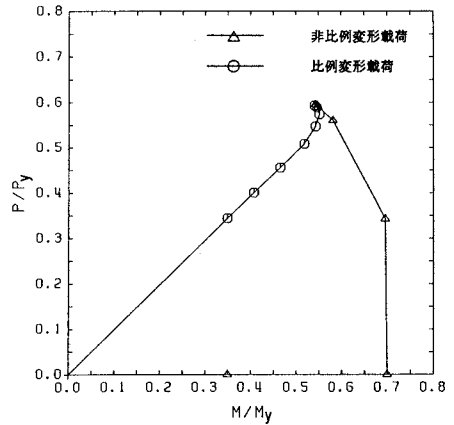


図2 面内圧縮力－曲げモーメント図
($d: \phi=1:1$)

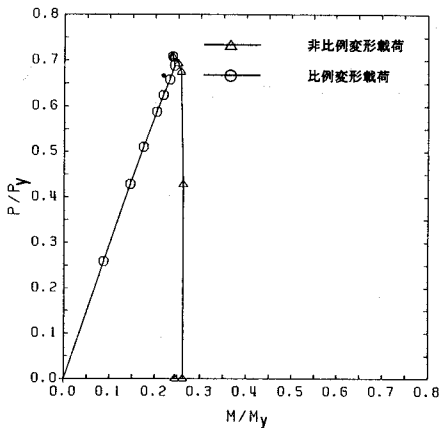


図3 面内圧縮力－曲げモーメント図
($d: \phi=3:1$)

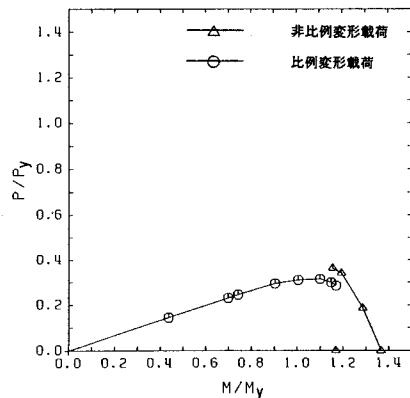


図4 面内圧縮力－曲げモーメント図
($d: \phi=1:3$)

5. 結論

- (1) 変形経路が異なれば、極限強度には差異が生じる。しかし、その大きさは余り大きいものではない。
- (2) 今後、より非線形性の強い問題に対して同様の解析を行う必要がある。

6. 参考文献

- (1) 伊藤文人：構造安定論，1988年。
- (2) 奈良敬他：面内曲げと圧縮を受ける鋼板の極限強度に関する研究，土木学会論文集，第386号，1987年。

表1 荷重パラメータ ($K=P/P_y+M/M_y$) の比較

	1:1	1:3	3:1
比例変形	1.1356	0.94554	1.4554
非比例変形	1.1459	0.94218	1.3925