

初期不整を含み圧縮と面内曲げを受ける鋼板の弾塑性崩壊について

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

大阪大学大学院 学生員 小島治雄

1. まえがき 当研究室では初期不整を有する圧縮板¹⁾および圧縮補剛板²⁾について、弾塑性有限変位理論に基づいた解析成果を発表してきた。また実験的立場から、その解析理論の妥当性を証明した³⁾。一方、実際の構造物の板要素では、一様な圧縮応力のみが作用する場合の他に、曲げ応力、圧縮応力およびせん断応力が連成して作用する場合がある。今回は圧縮応力と面内曲げ応力が作用する四辺単純支持板について、弾塑性有限変位理論に基づいた極限強度解析を行なった。

2. 解析方法 荷重載荷辺に十分剛性の大きい棒を取り付けた板パネル(図-1)を解析モデルとした。その剛棒に偏心圧縮力を与えることにより、板に面内曲げと圧縮が連成した応力状態を作り出した(図-2)。材料は等方等質性であり、Von Misesの降伏条件およびPrandtl-Reussの塑性流れ理論に従う完全弾塑性体で、ひずみ硬化はないものとする。

3. 数値計算例 解析モデルの材料にはSS41($\sigma_Y = 2400 \text{ kg/cm}^2$)を用いた。溶接によって生じる不可避の初期不整については、解析にうまく導入できるように以下の仮定を設けた。残留応力については図-3に示すような自己平衡の分布形を与え、 x 軸方向では一定とした。残留圧縮応力度 $\sigma_{rc} = -0.4\sigma_Y$ 、残留引張応力度 $\sigma_{rt} = \sigma_Y$ を与えている。したがって $B_t = B/7$ 、 $B_c = 5B/7$ である。板の初期たわみについては $\bar{w}_0 \cos(\pi x/A) \sin(\pi y/B)$ とした。ただし $\bar{w}_0$ は板パネル中央点の初期たわみである。パラメータには、以下の α 、 R 、 ψ 、 $\bar{w}_0/w_{0a}$ を選んだ。すなわち、載荷辺の長さを84cmに固定し、非載荷辺の長さを変化させることにより縦横比 α を変化させ、また板厚を変化させることにより無次元幅厚比 R を変化させている。ただし、 $R = B/T \cdot \sqrt{12(1-\nu^2)\sigma_Y/(\pi^2 R E)}$ である。初期たわみのパラメータとして $\bar{w}_0/w_{0a}$ を選んだ。 w_{0a} は道路橋示方書に定められた初期たわみの許容値($B/150$)である。台形状の応力分布を与える場合、載荷辺での最大圧縮応力を σ_1 、最小圧縮応力を σ_2 とすると、応力勾配 ψ は $\psi = (\sigma_1 - \sigma_2)/\sigma_1$ なる式で与えられる。応力勾配 $\psi = 10$ で残留応力を含む場合での各メッシュ割りと極限強度の関係を表-1に示している。表中の値は、各メッシュ割りでの極限強度をMESH 4×8

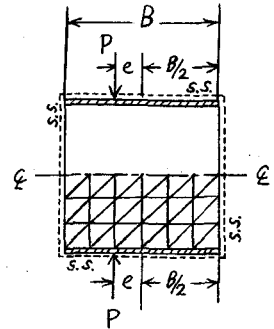


図-1 解析モデル

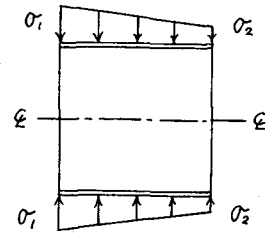


図-2 荷重載荷状況

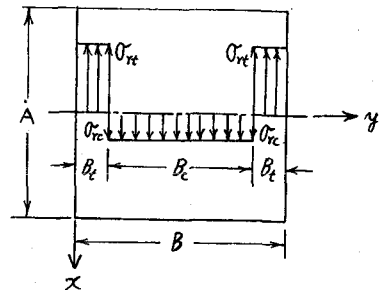


図-3 残留応力分布

のときの極限強度で除したものである。この表から、メッシュ割りは 3×6 で十分精度のよい解を与えると考えられる。

4. 考察 $\psi=1.0$, $\alpha=0.5$, $\bar{w}_0/w_{0a}=1.0$ で残留応力を含まない場合の極限状態における応力分布を図-4に、たわみ波形を図-5に示している。無次元幅厚比 R については $0.5 \sim 1.3$ に変化させた。図-4には載荷辺に平行な板パネルの中心線に接する6つの三角形要素の軸方向垂直応力度の分布を示している。どの場合にも板中央付近で応力のポケットが生じ、 R が大きいほど、その傾向は顕著である。図-5には載荷辺に平行な板パネルの中心線上の7節点の初期たわみおよび極限状態におけるたわみ波形を示している。たわみ波形には偏心荷重の影響があらわれている。すなわち、最大たわみの位置は、載荷前には板パネル中央点であるが、極限状態では、その位置が荷重偏心側に移動している。その傾向は R が大きいほど著しい。図-6には $\psi=1.0$, $R=0.7$ の場合の極限強度-初期たわみ曲線を示している。初期たわみ $\bar{w}_0/w_{0a}$ は $0.25 \sim 1.0$ に変化させた。この場合では、縦横比 $\alpha=0.5$ で残留応力を含まない板パネルが、初期たわみに対して最も敏感であり、 $\bar{w}_0/w_{0a}=1.0$ で最小の極限強度を与えている。すなわち、極限強度に影響を及ぼす初期不整としては、残留応力よりも初期たわみの方が重要と思われる。

5. 結論 i) 極限状態では応力分布にポケットが生じ、最大たわみの位置が荷重偏心側に移動する。この2つの傾向は R が大きいほど著しい。ii) 残留応力を含まない板では残留応力を含む板に比して、極限強度は初期たわみに対して敏感である。

[参考文献] 1) 小松・北田: 初期不整を有する圧縮板の極限強度特性に関する研究, 土木学会論文報告集, 第270号, P.1~14, 1978年2月。2) 奈良・小松・北田: 初期不整を有する縦横に補剛された圧縮板の弾塑性解析, 第33回年講概要集 I-327。3) 小松・牛尾・北田・奈良: 縦横に補剛された圧縮板の極限強度に関する実験的研究, 昭和53年度関西支部年講概要集 I-63。

表-1 メッシュ割りと精度

MESH \ R	0.5	0.9	1.3
4×8	1.000	1.000	1.000
3×8	1.004	1.010	1.026
3×6	1.006	1.019	1.034
3×4	1.028	1.105	1.154

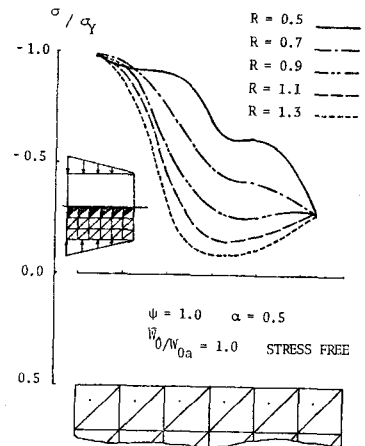


図-4 極限状態の応力分布

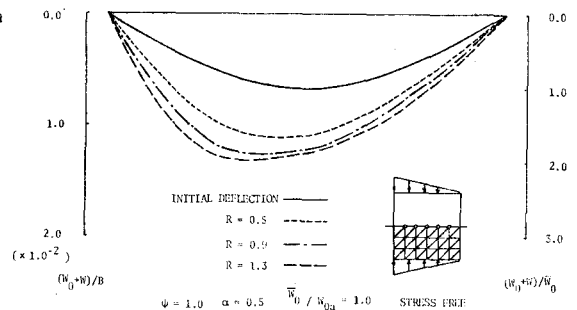


図-5 極限状態のたわみ波形

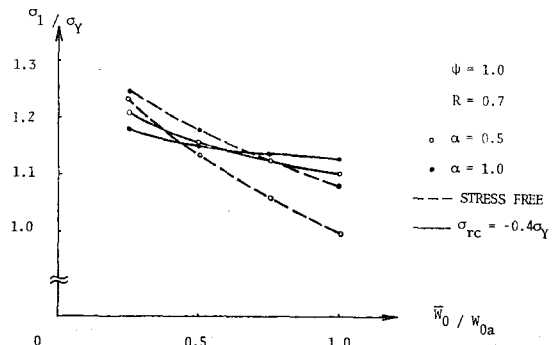


図-6 極限強度-初期たわみ曲線