

大阪大学大学院 学生員 小島 治雄

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

1. まえがき 著者らは文献1)において応力勾配 $\varphi$ が1.0以下の範囲で、初期不整を有する鋼板の面内曲げ圧縮応力下における弾塑性有限変位解析を行なった。今回は、曲げ応力が支配的な載荷状態( $1.0 < \varphi \leq 2.0$ )における両辺単純支持板について極限強度解析を行ない、文献1)における解析結果と併せてM-N図を作成した。また、応力勾配が0.0~2.0の範囲で、道路橋示方書および道路橋示方書改定案との比較検討を行なった。

2. 解析方法 Von Misesの降伏条件およびPrandtl-Reussの塑性流れ理論に従い、ひずり硬化がない材料を対象として、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。載荷端に剛性の十分大きい棒を取り付けた板パネルを解析モデルとした(図-1)。その剛棒に面内回転変位を与えることにより、面内曲げ応力状態を作り出した(図-2)。回転変位の中心の位置を変化させることにより $\varphi$ を変化させ、純曲げの場合は $e = b/2$ である。

3. 数値計算例 初期不整については、解析にうまく導入できるように文献1)と同じ仮定を用いた。ただし、圧縮残留応力 $\sigma_{rc}$ については、 $-0.4\sigma_y$ と $-0.3\sigma_y$ の2つの場合を考えた<sup>2)</sup>。ここで $\sigma_y$ は降伏点応力である。解析モデルの材料は、SS41( $\sigma_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ )を用いた。メッシュ割りと精度について検討した結果、メッシュ割りは $3 \times 6$ で十分精度のよい解が得られることがわかった。詳細については講演当日に発表する予定である。

4. 考察 図-3には、 $\varphi = 1.5$ 、無次元幅厚比 $R = 0.7$ の板についての極限強度-初期たわみ曲線を示している。極限強度を表わすパラメータには $(M)_{\max}/M_p$ を選んだ。

ここで $(M)_{\max}$ は極限状態における回転変位の中心点まわりのモーメント、 $M_p$ は全断面塑性モーメントである。初期たわみ $\bar{w}_0/\bar{w}_{0a}$ については、0.25~1.0に変化させている。縦横比 $\alpha = 0.5$ で残留応力がない板パネルが、初期たわみに対して最も敏感であり、最小の強度を示している。 $\varphi = 0.5$ で $R = 0.7$ の板パネルについても同じ傾向がみられた。図-4には、 $\alpha = 0.5$ 、 $\bar{w}_0/\bar{w}_{0a} = 1.0$ 、 $\varphi = 2.0$ (純曲げ)で残留応力がない板の極限状

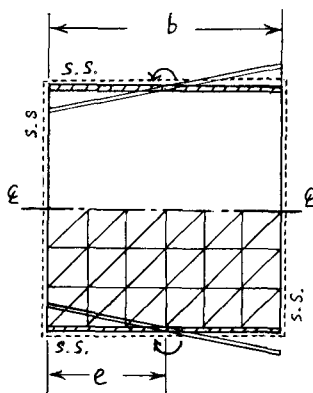


図-1 解析モデル

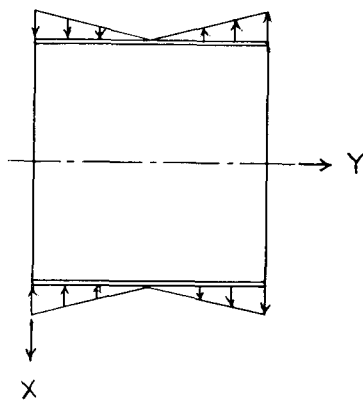


図-2 荷重・回転状態

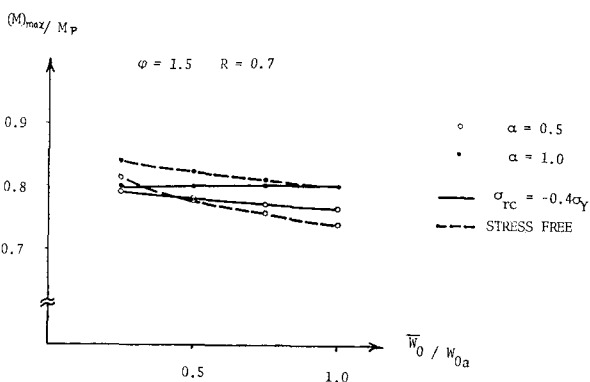


図-3 極限強度-初期たわみ曲線

態におけるたわみ波形および初期たわみを示している。これは載荷辺に平行な中心線上の節点のたわみをプロットしたものである。 $R$ については、 $0.5 \sim 1.3$ に変化させている。圧縮領域では、 $R$ が大きいほど極限状態での最大たわみの位置が板中央点から遠ざかる。一方、引張領域では $R$ の影響は小さく、極限状態におけるたわみが初期たわみより小さくなる部分がある。図-5には、 $\varphi=2.0$ 、 $\alpha=0.5$ 、 $\bar{w}_0/\bar{w}_{0a}=1.0$ で残留応力がない板の極限状態における応力分布を示している。これは載荷辺に平行な中心線に接する6つの三角形要素の軸方向垂直応力度の分布である。 $R=0.5$ の場合はほぼ直線的な分布をしているが、 $R=0.9$ および $R=1.3$ の場合、圧縮領域において応力のポケットを生じており、 $R$ が大きいほど、その傾向は顕著である。図-6には、 $\alpha=0.5$ 、 $R=1.0$ 、 $\bar{w}_0/\bar{w}_{0a}=1.0$ の板についての $M-N$ 図を示している。 $\varphi$ については $0.0 \sim 2.0$ に変化させた。極限状態における荷重から曲げ応力度 $\sigma_B$ および圧縮応力度 $\sigma_c$ を算定し、次のような曲線に近似できると考えた。

$$\left[ \frac{\sigma_B}{(\sigma_B)_{\varphi=2}} \right]^m + \left[ \frac{\sigma_c}{(\sigma_c)_{\varphi=0}} \right]^n = 1.0$$

ここで $(\sigma_B)_{\varphi=2}$ は純曲げを受ける板の極限曲げ応力度であり、 $(\sigma_c)_{\varphi=0}$ は純圧縮を受ける板の極限圧縮応力度である。 $\sigma_{rc} = -0.3\sigma_Y$ のとき、 $m=n=1.1$ という結果を得た。

5. 結論 i)  $\varphi$ が $1.0$ 以下の板と同様に $\varphi=1.5$ の場合でも $\alpha=0.5$ で残留応力がない板では極限強度は初期たわみに対して最も敏感である。ii)  $\alpha=0.5$ 、 $\varphi=2.0$ で残留応力がない板の極限状態において、たわみ波形および応力分布は、圧縮領域では $\varphi$ が $1.0$ より小さい場合と同じ傾向を示すが、引張領域では $R$ の影響が現れない。iii) 弾塑性有限要素解析による極限強度を用いた $M-N$ 図を作成した。(注)道路橋示方書およびその改定案との比較検討については満堂当日に発表の予定である。[参考文献] 1) 小松・奈良・小島：初期不整を含む圧縮と面内曲げを受ける鋼板の弾塑性崩壊について；昭和54年度関西支部年講要集I-13。2) 小松・牛尾・北田：補剛板の溶接残留応力および初期たわみに関する実験的研究；土木学会論文報告集，第265号，P.25~35，1977年9月。

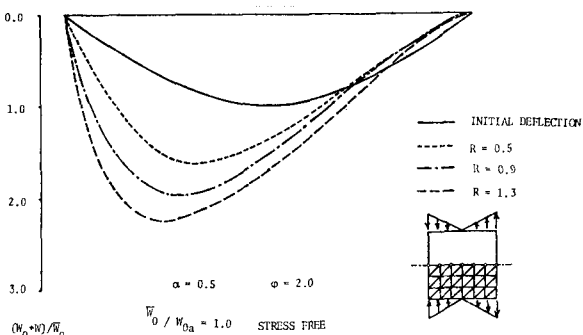


図-4 極限状態でのたわみ波形

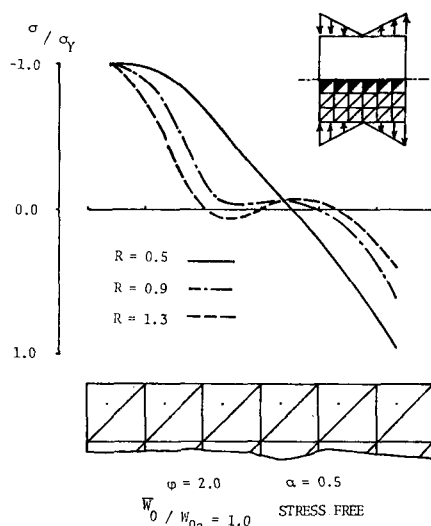


図-5 極限状態での応力分布

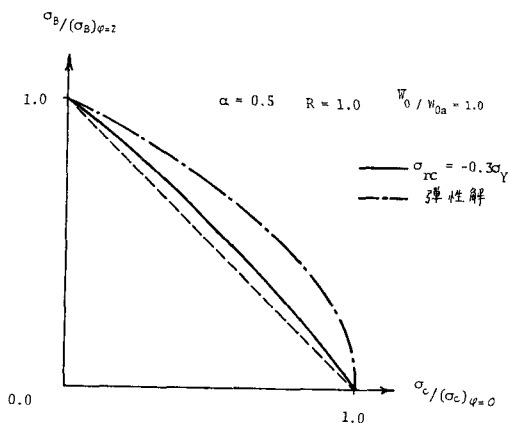


図-6  $M-N$ 図