

I - 29

修正二曲面モデルによる予測曲線のセンシティブィティ解析

名古屋大学 正 員 水野英二 埼玉大学 正 員 沈 赤
 名古屋大学 学生員 佐藤正弘 名古屋大学 正 員 宇佐美勉

1. はじめに

これまで筆者らは、繰返し荷重を受ける鋼素材の弾塑性モデルの一つである、Dafalias・Popovによる二曲面モデルの修正を行ってきており、一軸応力状態での繰返し挙動の予測に対して良好な成果を収めている^{1)~4)}。また、繰返しねじり実験データを用いて、二軸応力状態での修正二曲面モデルの妥当性の検討も行っている⁵⁾。一般的に、提案された構成モデルを的確に用いるためには、客観的な判断によってモデルパラメータを決定することが前提条件となる。それゆえ、修正二曲面モデルのパラメータ決定法のマニュアル化を行ってきた⁶⁾。本研究では、モデルパラメータ値を変動させることにより、修正二曲面モデルが予測曲線に与える敏感度解析(センシティブィティ解析)を、一軸ならびに二軸応力状態でを行い、モデルパラメータ決定に際しての資料とすることを目的としている。

2. 修正二曲面モデルのモデルパラメータ

表1に修正二曲面モデルに必要なモデルパラメータ⁴⁾を示す。

表1 修正二曲面モデルのモデルパラメータ

修正箇所	パラメータ
累積相当塑性ひずみの増加に伴う 弾性域の減少	a b c α
降伏棚の減少	M
形状パラメータ h	e f
境界線半径	$\overline{\kappa}_0$ ζ
境界線の傾き	ω E_0^P

3. 誤差評価関数 ϕ

皆川⁷⁾は、構成則モデルによる一軸応力-ひずみ予測曲線と実験曲線との誤差を定量的に評価するために、次式に示す誤差評価関数 ϕ を用いた。

$$\phi = \frac{\int |\sigma_{ex} - \sigma_{pr}| d\varepsilon}{\int |\sigma_{ex}| d\varepsilon} \quad (1)$$

ここに、 σ_{ex} 、 σ_{pr} はそれぞれ実験および予測による応力値、 $d\varepsilon$ は一軸ひずみ増分を表す。式(1)の分母は実験曲線による面積($\int |\sigma_{ex}| d\varepsilon$)を、分子は実験曲線と予測曲線の差による面積($\int |\sigma_{ex} - \sigma_{pr}| d\varepsilon$)を示す。

4. 一軸応力状態でのセンシティブィティ解析

本研究にて決定した修正二曲面モデルのパラメータ値⁶⁾による予測結果(式(1)の実験曲線に対応する)と、それらパラメータ値の一つを0.5倍から1.5倍の範囲で変化させて得られる予測結果との誤差量 ϕ (式(1))の変動を検討するため、一軸応力状態での1サイクルひずみ経路を採り上げ、SS400鋼材の六種類のモデルパラメータ(α 、 e 、 f 、 ζ 、 ω 、 E_0^P)を対象としたセンシティブィティ解析を行った。図2(a)および(b)には各種ひずみ経路に対するセンシティブィティ解析結果を示す。対象となったひずみ経路はそれぞれ、図2(a)では0.0%→1.0%→-1.0%→1.0%、図2(b)では0.0%→3.0%→-3.0%→3.0%である。図中、横軸はパラメータ値の変動比を、縦軸は誤差量 ϕ を示す。また、図中の解析結果を示す各種記号と各種パラメータとの対応を表2に挙げる。解析結果から、境界線半径に関与するパラメータ ζ を対象とした場合では、ひずみ経路の幅が大きいほど誤差が大きくなることが分かる。これは、境界線半径 $\overline{\kappa}_1$ が、累積相当塑性ひずみ $\overline{\varepsilon}_P$ の関数であるため、ひずみの幅が大きいほど影響が大きくなると思われる。また、弾性域の大きさに関与するパラメータ α 、曲線の形状に関与するパラメータ f の影響が大きく、境界線の傾きに関与するパラメータ ω の影響が小さいことが分かる。

5. 二軸応力状態でのセンシティブィティ解析

二軸応力状態でのセンシティブィティ解析を行うため、载荷経路として、薄肉正方形断面鋼部材のねじり実験⁵⁾で用いた供試体No.T-4(一定軸力 $P=0.2P_y$ 、 P_y :全断面降伏軸力)の2サイクルねじり経路(ねじ

りモーメント T -ねじり率 ϕ 経路）を採り上げた。対象となったねじり率 ϕ の経路は、 $0.0 \rightarrow 105 \rightarrow -95 \rightarrow 53 \rightarrow -47 \rightarrow 75$ （ $\times 10^{-4}$ rad/cm）である。図3に各種パラメータに対するセンシティビティー解析結果を示す。誤差量 ϕ の計算では、ねじりモーメント T 、ねじり率 ϕ は、それぞれ式(1)の応力 σ 、ひずみ ε に対応する。なお、図中の解析結果を示す各種記号と各種パラメータとの対応は表2で挙げたものと同じである。解析結果から、一軸応力状態の場合と同様、パラメータ α および f の影響が大きいことが分かった。

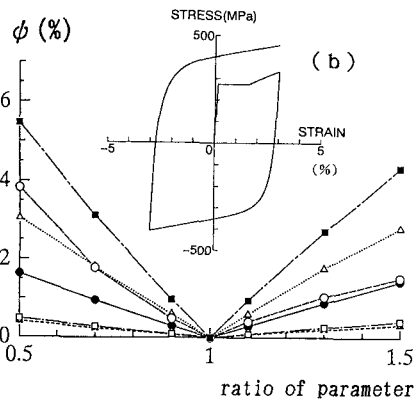
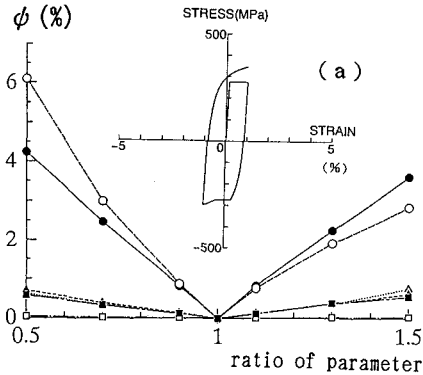


図2 1サイクルのひずみ経路

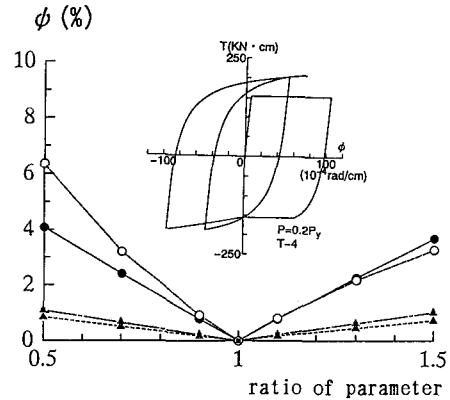


図3 供試体No. T-4の2サイクルねじり経路

表2 各種記号とモデルパラメータとの対応

Symbol	Parameter	Symbol	Parameter
■	ζ	△	$E_o P$
○	f	●	α
▲	e	□	ω

6. 結論

マニュアル化された修正二曲面モデルのパラメータ決定法を用いて客観的な判断により、パラメータ値を決定した。このパラメータ値を基に、一軸ならびに二軸応力状態でのセンシティビティー解析を行うことで、弾性域の大きさに関与するパラメータ α 、曲線の形状に関与するパラメータ

f の影響が一般的に大きいことが分かった。本センシティビティー解析より、修正二曲面モデルのパラメータを決定する際における、各種パラメータの重要度について検討することができた。

【参考文献】

- 1) 田中良仁：降伏棚を有する鋼材の繰返し弾塑性モデルの開発，名古屋大学提出修士論文，平成2年度。
- 2) 田中良仁，水野英二，沈赤，宇佐美勉：降伏棚を有する鋼材の繰返し弾塑性モデル—二曲面塑性モデルの開発—，構造工学論文集，Vol. 37A，pp. 1-14，1991年3月。
- 3) Shen, C., Tanaka, Y., Mizuno, E. and Usami, T.: A Two-Surface Model for Steels with Yield Plateau, Structural Eng./Earthquake Eng., Proc. of JSCE, Vol. 8, No. 4, 11(179s)-20(188s), Jan., 1992.
- 4) Shen, C., Mizuno, E. and Usami, T.: Further Study on Two-Surface Model for Structural Steels under Uniaxial Cyclic Loading, Structural Eng./Earthquake Eng., Proc. of JSCE, Vol. 9, No. 4, pp. 59-62, Jan., 1993.
- 5) 水野英二，沈赤，宇佐美勉：鋼部材の繰返しねじり実験と二曲面モデルによる数値シミュレーション，構造工学論文集 Vol. 39A，pp. 221-234，1993年3月。
- 6) 佐藤正弘：修正二曲面モデルのパラメータ決定法ならびにセンシティビティー解析，名古屋大学提出卒業論文，平成4年度。
- 7) 皆川勝：構造用鋼材の弾塑性履歴挙動のモデル化とそれの構造用部材への応用，p. 243，（武蔵工業大学提出学位論文）昭和63年3月。