

名古屋大学工学部 学生員○田中良仁

名古屋大学工学部 正 員 水野英二

名古屋大学工学部 正 員 宇佐美勉

1. まえがき 繰り返し外力を受ける各種鋼構造物あるいは構造物材の履歴挙動を、有限要素法などにより評価する上では、繰り返し応力-ひずみ関係をうまく表現できる塑性モデル¹⁾が特に重要となる。地震などの影響で起こるブレース材などの大変形挙動問題では、ひずみ硬化域における比較的大きいひずみが繰り返されるときに適用できる塑性モデルが必要となる。しかし、繰り返し外力の下での薄板の局部座屈の解析では、 10^{-2} のオーダー以下の降伏棚内におけるひずみの検討が特に重要となると思われる。本研究は、地震力などの繰り返し作用する外力の元での薄板集成部材の局部座屈挙動に関する理論的研究の基礎として行われたもので、工学的な精度を失わない範囲内で、できるだけ簡単な塑性モデルを開発することを目的としている。そのために、2曲面モデル²⁾を実験的に検証し、その欠点を補う新たな塑性モデルの提案を行っている。

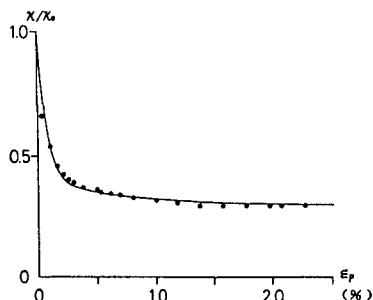


Fig.1 塑性ひずみと弾性域

2. 弾性域の減少を考慮した2曲面モデル この実験においては鋼素材S20C、S35C、S55Cを用い平行部の直径が18mm、長さが70mmの中実丸棒試験体を各10本作成した。試験機はMTS社の810材料試験機（引張・圧縮とも最大25トン）を用いひずみ制御で単軸の引張・圧縮実験を行った。以下は、その内の降伏棚域のないS20C材について述べる。まず初めに、塑性ひずみの大きさが弾性域の大きさにどのような影響を与えるかを調べた結果をFig.1に示す。弾性域の半径 κ を初期の弾性域の半径 κ_0 で除した値 κ/κ_0 とすると、この値は塑性ひずみの増加に伴い減少する。この点を塑性モデルに考慮するため、次式においてその値を補間した。

$$\kappa/\kappa_0 = \alpha - a \exp(-b \varepsilon_p \times 100) - (\alpha - a - 1) \exp(-c \varepsilon_p \times 100) \quad (1)$$

ここで、 α 、 a 、 b 、 c はパラメータであり、S20C材では $\alpha = 2.967 \times 10^{-1}$ 、 $a = -1.10 \times 10^{-1}$ 、 $b = 1.40$ 、 $c = 1.33$ という値であった。応力-ひずみ挙動は、接線塑性係数 E_p を定式化することで表現できる。ここで、2曲面モデルにおいては E_p を次式で定義している。

$$E_p = E_0^p + h \frac{\delta}{\delta_{in} - \delta} \quad (2)$$

ここで、 E_0^p は境界線の定常勾配、 δ_{in} は塑性域にはいる点から境界線までの距離、 h は形状パラメータ、 δ は任意点から境界線までの距離を示す。形状パラメータは δ_{in} の関数であり、一つの曲線において一定値である。また、その関数のパラメータは各鋼材によって固有である。文献²⁾による方法で形状パラメータを求め、ある形式で載荷した応力-ひずみ曲線の予測をしたものがFig.3である。これによると、曲線の曲がり具合が明らかに実験値と異なっている。

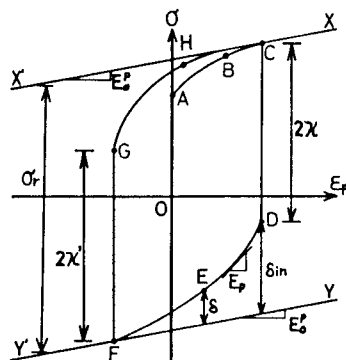


Fig.2 2曲面モデルの概念図

3. 改良した塑性モデルの提案 2. による形状パラメータの求め方では、一つの曲線で任意点を二つ選び、その点の δ と h の関係より形状パラメータを決定した。ここで、多数の点において δ と h の関係を調べた結果をFig.4に示すと、形状パラメータが一つの曲線において一定値であるとするには無理があると思われる。よって、 h が δ の一次関

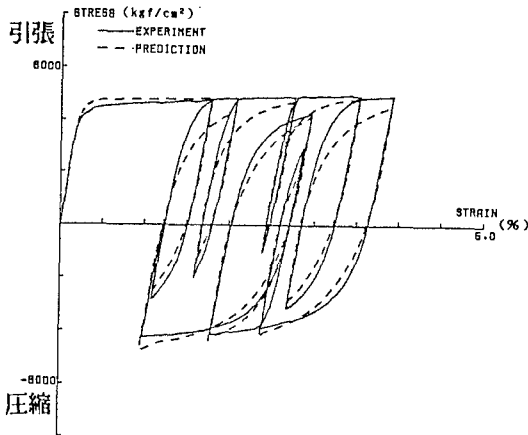


Fig.3 2曲面モデルによる予測

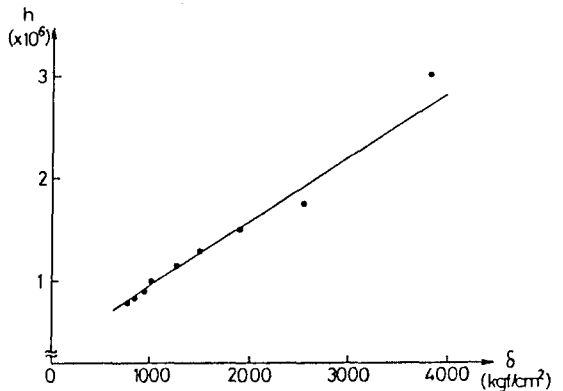


Fig.4 δ と h の関係

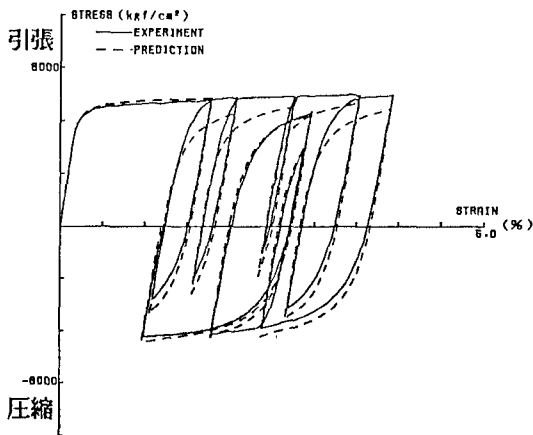


Fig.5 修正モデル（Ⅰ）による予測

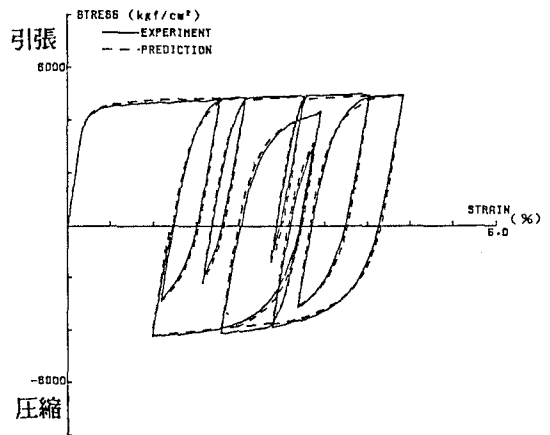


Fig.6 修正モデル（Ⅱ）による予測

数で表されるものと定義する。この定義に基づき、同じ予測を行ったものがFig.5である（修正モデルⅠ）。これによると、引張域の予測が実験値と大きくずれている。これは形状パラメータを決定する δ が、引張域においては圧縮域に比べ境界線に近いため、小さいことに起因すると思われる。よって、形状パラメータ中の δ を、過去の中で最大の δ_{in} から δ が減少した分だけ引いた値であると定義した。そして、同じ予測を行ったものがFig.6である（修正モデルⅡ）。このように形状パラメータを設定することにより、実験値をうまく予測できるようになった。

4. あとがき ここでは、降伏棚域のないS20C材の検証について述べた。降伏棚域を有するS35C材およびS50C材についても同様の結果が得られた。また、これらの鋼素材については降伏棚内での繰り返し挙動の予測も行ったが、降伏棚の終わりから硬化域の初めにかけて、このモデルでもうまく予測できないところがあった。詳しくは、当日発表する。また、SS41材については実験中である。

《参考文献》 1) 皆川勝、西脇威夫、増田陳紀：塑性流れ域における構造用鋼の単軸繰り返し塑性挙動の推定、構造工学論文集 Vol.35A、1989年3月。 2) Dafalias, Y.F. and Popov, E.P.: Plastic Internal Variables Formalism, Trans.ASME J.Appl.Mech., (1975), pp.645-651.