

<高張力鋼材の単軸履歴応力-ひずみ関係の追跡>

武蔵工大 正員 皆川 勝 武蔵工大 正員 西脇 威夫
武蔵工大 正員 増田 陳紀 川田 工業 榊 齋藤 哲郎

1. はじめに 著者らは主要な土木材料のひとつである鋼材の力学的性質におよぼす荷重履歴の影響を調べデータの蓄積を行ってきた〔1〕。本報告は、その研究の一環として著者等が提案した履歴応力-ひずみモデル〔2〕を若干修正したうえで、これを高張力鋼材の単軸応力場における準静的荷重下での履歴応力-ひずみ関係の推定に適用した結果を示すものである。

2. 高精度履歴応力-ひずみモデル〔2〕 本モデルは、簡単な材料試験を行ってその結果からそれぞれの材料特性を求め、それを用いて全く任意の負荷経路の下での応力とひずみの関係を追跡するものであり、それらの関係は応力空間に定義される曲面群の位置と大きさによって定まるという多曲面塑性理論に理論的根拠を置くものである。材料特性は K_a , K_b , K_{ab} , W_1 および W_2 と記号づけ、それらを相当塑性ひずみ増分 $\bar{\varepsilon}_{pi}$ および累積相当塑性ひずみ $\bar{\varepsilon}_p$ を変数とする関数として定義した。 K に下添字を付けた関数は曲面の大きさであり、 W に下添字を付けたものは重み関数である。これらを用いて任意の応力ひずみ状態に対する曲面の大きさ K は、

$$K = W_i K_j + (1.0 - W_i) K_k$$

で示され、ひずみ硬化が始まるひずみを $\varepsilon_{p,st}$ 、履歴が定常になる時の塑性ひずみを $\varepsilon_{p,b}$ とすると、

$$0 \leq \bar{\varepsilon}_p < \varepsilon_{p,st} \text{ の時 } i=1, j=a, k=ab$$

$$\varepsilon_{p,st} \leq \bar{\varepsilon}_p \text{ の時 } i=2, j=ab, k=b$$

である。ただし、 $\bar{\varepsilon}_p = 0$ の時に $W_1 = 1.0$ 、 $\bar{\varepsilon}_p = \varepsilon_{p,st}$ の時に $W_1 = 0.0$ 、 $W_2 = 1.0$ 、 $\bar{\varepsilon}_p \geq \varepsilon_{p,b}$ の時 $W_2 = 0.0$ である。関数 W_1 は、降伏棚とひずみ硬化域を有する処女応力-ひずみ曲線から、Bauschinger 効果が支配的であるならかな曲線への移り変わりを表わすものであり、 W_2 は履歴の進行に伴う繰返し軟化あるいは繰返し硬化を表現する重み関数である。ここで、〔2〕で提案したモデルにおいては、重み関数は $\bar{\varepsilon}_{pi}$ に対して一定であるとしていたが、本報告ではこの仮定が必ずしも妥当とは言えないことから W_i は $\bar{\varepsilon}_{pi}$ に対しても変化するように修正している。

3. 高張力鋼材への本モデルの適用

使用した鋼材は HT70 である。測定方法および材料特性の評価方法は〔2〕で詳述したので省略する。図-1は材料特性を求めるために実施した測定の結果であり、応力は降伏点強度 σ_y で除してある。

図-2はこれらの測定結果から各履歴段階での K/σ_y を求めた結果であり、これらより得られた材料特性 K_j および W_i を図-3および図-4に示す。 K_j は図中の一点鎖線で示された各区分間でエルミート補間し、最

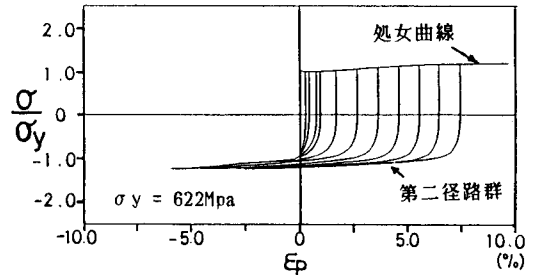


図-1 材料特性を求めるための測定結果

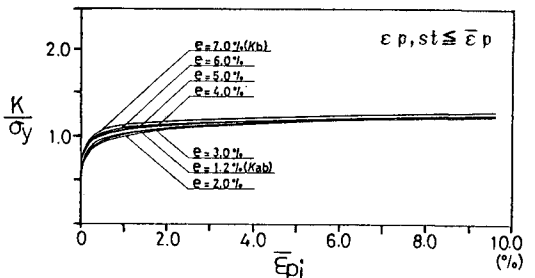
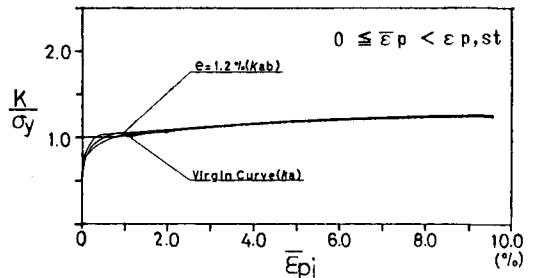


図-2 $K/\sigma_y - \bar{\varepsilon}_{pi}$ 曲線群

終区間は直線とした。また、 $W1$ は $\bar{\epsilon}_{pi}$ にはよらず、 $\bar{\epsilon}_p$ の一次関数と仮定し、 $W2$ は $\bar{\epsilon}_{pi}$ に関して一次関数、 $\bar{\epsilon}_p$ に関して三次関数として、測定結果から決定した。

これらの材料特性を用いて FEM 弾塑性解析によって丸棒試験片の引張圧縮荷重下での応力-ひずみ関係を計算し、その結果と実測による結果とを比較した。図-5にこれらの結果を示す。同図(a) および(b) の例では降伏領域での繰返しがないことから重み関数 $W1$ を測定結果によらずに仮定した影響が計算に含まれず、非常に高精度の計算結果が得られている。また、同図(c) および(d) の例ではその影響が含まれており、特に引張径路において誤差が大きくなっているが、重み関数 $W1$ を更に修正することによって、改良することが可能であると思われる。

4. おわりに HT70を例として、高張力鋼材の履歴応力-ひずみ関係の推定を試みた。著者等が提案した高精度応力-ひずみモデルは軟鋼に限らず

高張力鋼材についても履歴挙動をもかなり忠実に追跡できるものであることが確認された。

(参考文献)

[1] Minagawa, Nishiwaki, Masuda: Monotonous stress-strain properties of structural steel subjected to non-stationary repetitive

pre-loading. , Proc. of The 27th Japan Congress on Materials Research , pp.25-31, March 1984.

[2] 皆川, 西脇, 増田, 齋藤: 負荷履歴を考慮した鋼材の応力-ひずみ関係について, 第28回材料研究連合講演会前刷集, pp.135-136, Sep. 1984.

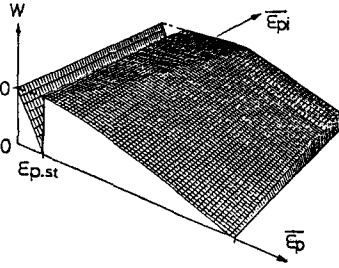


図-4 重み関数

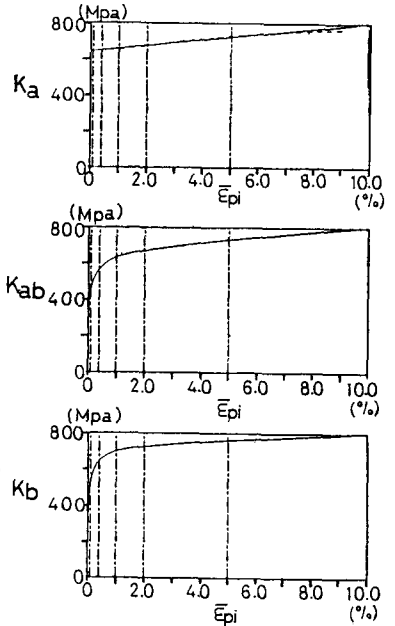


図-3 材料特性 K_a, K_{ab} および K_b

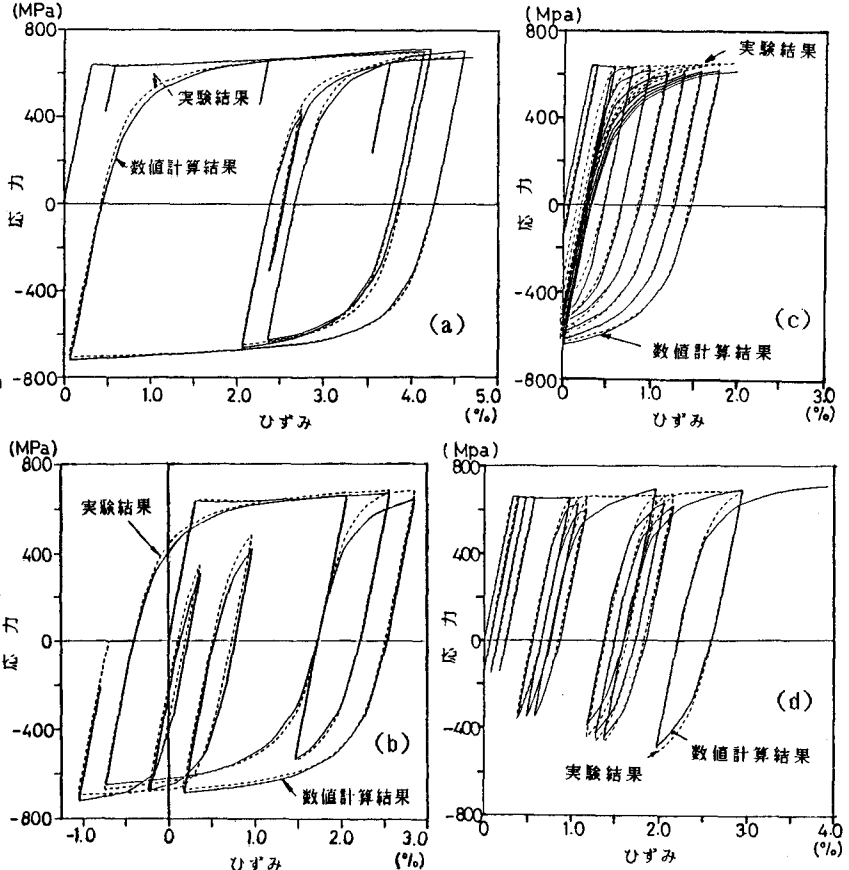


図-5 数値計算結果と実験結果