

I-587

ファジィ推論による履歴曲線のモデリング

中部電力 正会員 熊崎幾太郎
 京都大学 正会員 渡邊 英一
 京都大学 正会員 古田 均

1. はじめに

材料の構成則や局部座屈を考慮した全体的な荷重－変位関係に見られる非線形の履歴挙動は、構造物あるいは部材の終局状態を把握し予測するために重要である。これまでに、非線形挙動に関して多くの実験データや有限要素解析法を用いた研究事例が蓄積されている。従って、このような蓄積を考慮した適切なモデリング手法が開発され数値解析などに応用されるならば、非線形解析の精度や効率を改善するのに役立つであろう。

そこで、本研究ではファジィ推論を用いることにより、履歴曲線のモデル化を行い、これを基に単一板要素に対するファジィ構成則を提案する。さらに、このファジィ構成則を一定軸圧縮力及び繰返し曲げを受ける薄板集成部材の全体的な履歴挙動の予測に応用してその有効性を示す。

2. ファジィ構成則の定義

前件部の各メンバーシップ関数は二等辺三角型とする。三角型メンバーシップ関数の形状を決定するパラメータは三角形の底辺の midpoint a_i とその幅値 b_i である。本研究で用いるファジィ推論ルールの前件部は一変数でメンバーシップ関数の本数は5本とする。従って、ファジィ推論ルールの数は5つということになる。入力を ε で表し、出力を σ で表すと、ファジィ推論ルールは次のように表される。

Rule 1: If ε is $\tilde{A}_1$ then $\sigma = f_1(\varepsilon)$
 Rule 2: If ε is $\tilde{A}_2$ then $\sigma = f_2(\varepsilon)$
 Rule 3: If ε is $\tilde{A}_3$ then $\sigma = f_3(\varepsilon)$
 Rule 4: If ε is $\tilde{A}_4$ then $\sigma = f_4(\varepsilon)$
 Rule 5: If ε is $\tilde{A}_5$ then $\sigma = f_5(\varepsilon)$
 input: ε_0

output:

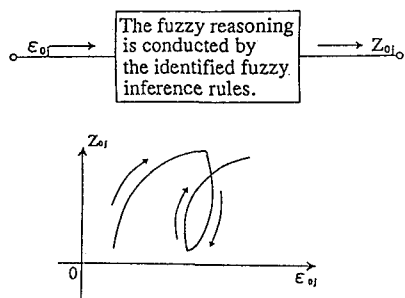
 z_0 

図1 ルールに基づく任意曲線の表現

ここで、シンボル $\sim$ はファジィ量であることを意味し、 $f_i(\varepsilon)$ は実数値である。本研究では、材料の構成則が上に示すようなファジィ推論ルールを通しての入出力関係によっ

て表されるので、これらのファジィ推論ルールの一組を“ファジィ構成則 (Fuzzy Constitutive Relation)”と言う。同定されたファジィ推論ルールに対し、 k 個の入力値 ε_{0j} が与えられると、各々の入力値に対してファジィ推論が行われ、 k 個の出力値 z_{0j} が得られる。このようにして得られるデータ $(\varepsilon_{0j}, z_{0j})$ ($j=1, 2, \dots, k$) をグラフとして描くことにより任意の曲線を表現できる。(図1)

3. ファジィ構成則のモデリング

ルールの前件部及び後件部のパラメータの学習は鋼薄板についての繰返し圧縮－引張実験データを学習データとして用いて行った。パラメータの学習は半サイクルの曲線毎に行った。ただし、本研究では繰返し履歴曲線の1つの端点から次の端点までの各曲線を半サイクルの曲線とする。鋼薄板の供試体についての圧縮－引張実験データから得られた応力－ひずみ曲線を図2に示す。図3～図5は実験データを学習データとして同定したファジィ推論ルールの各パラメータの載荷サイクルの進行に伴う変遷を示している。次に、前件部及び後件部の同定された各パラメータの載荷サイクルの進行に伴う変遷を観察し、パラメータの変遷の定性的な特徴を捉え、ファジィ推論に基づく単一板要素の構成則のモデリングを試みた。ファジィ構成則における載荷サイクルの進行に伴うファジィ推論ルールの前件部及び後件部パラメータの変遷は、観察結果を考慮して経験的にシンプルな直線によって設定した(図6～図8)。この直線はパラメータの簡略化した定性的な変遷を表現できるように設定した。また、これにより結果的に得られた単一板についてのファジィ構成則を図9に示す。さらに、弾塑性ウェブモデルを用いた繰返し曲げを受ける薄板集成部材の解析結果を図10に示す。

4. 結論

1) ルールパラメータの逐次学習に基づく同定法の妥当性が確かめられ、ルール数が5本と比較的少なくても、様々な形状の曲線をファジィ推論ルールによって表現できることが示された。

2) ファジィ推論ルールによって定義されたファジィ構成則を用いて、単一板要素の複雑な非線形の履歴曲線のある程度良く表現することができる。

参考文献

- 1) 野村博義, 林勲, 若見昇, 第6回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.423-426 (1990)
- 2) 市橋秀友, 第6回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.539-542 (1990)
- 3) Kosko, B., Proc. of IEEE International Conference on Fuzzy Systems, pp.1153-1162(1992)
- 4) 渡邊英一他, 構造工学における数値解析シンポジウム論文集, 第15巻, pp.169-174 (1991)

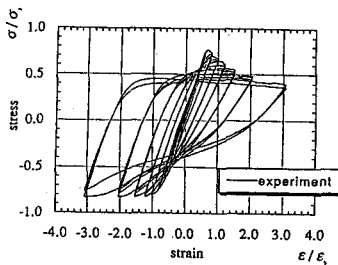


図2 応力-ひずみ曲線（実験結果）

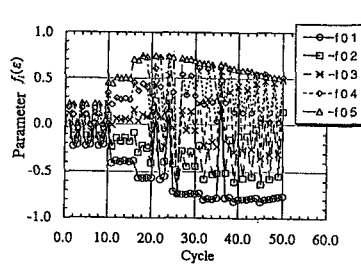


図5 後件部パラメータ $f_i(\epsilon)$ の変遷

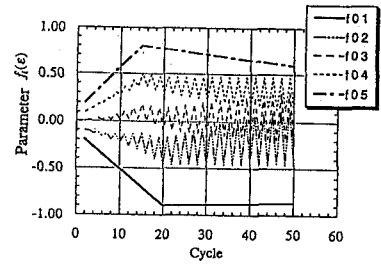


図8 FCRの後件部パラメータ $f_i(\epsilon)$ の仮定

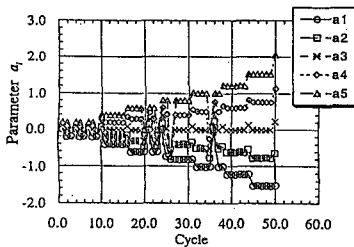


図3 前件部パラメータ a_i の変遷

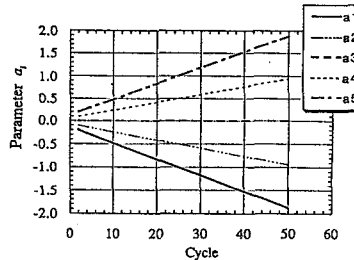


図6 FCRの前件部パラメータ a_i の仮定

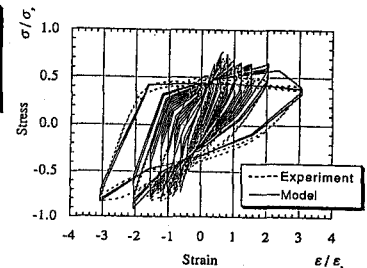


図9 単一板のファジィ構成則

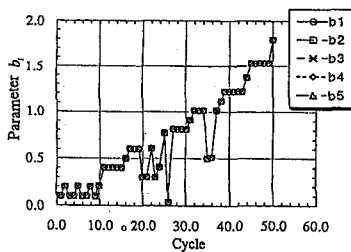


図4 前件部パラメータ b_i の変遷

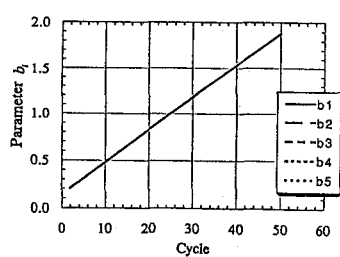


図7 FCRの前件部パラメータ b_i の仮定

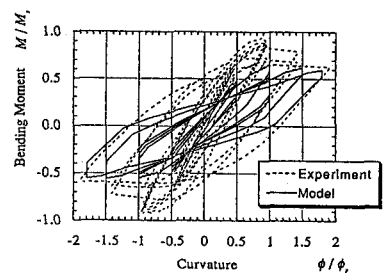


図10 弾塑性ウェブモデルによる解析結果