

日本電子計算 正会員 丹羽 量久
 関西大学工学部 フェロー 三上 市蔵
 片山ストラテック 正会員 ○芝本 貴絵

1. まえがき

限界状態設計法を確立するために、プレートガーダーや I 断面梁の理論的および実験的研究が数多くなされてきた。一方、実験結果を有効利用するために、ニューラルネットワークを用いて曲げを受ける I 断面部材終局強度算定システムが構築されている¹⁾。本研究では、データ整理からシステム構築、利用までの全行程を同じ OS 上で処理できるように、上記システム¹⁾を Windows95 上で再構築した。その際、この算定モデルに対して中間ユニット数の決定方法に改良を加えて、精度の向上に努めた。このシステムを使って無補剛腹板を有する 2 軸対称 I 断面の梁についてパラメトリック解析を行った。

2. ニューラルネットワークシステムの構築

ニューラルネットワークモデルの構築には、富士通製のニューラルネットワークシミュレータ NEUROSIMTM/L light を用い、Microsoft 製の Visual Basic をユーザインターフェイスとして利用した。

前システム¹⁾と同様に、実験データベース²⁾の中から曲げを受ける供試体 364 体を選んで学習データとして用いた。ネットワーク構造は、入力層 (30 ユニット) と出力層 (1 ユニット)、中間層 2 層の全体で 4 層の階層型ネットワークとした。中間層のユニット数はパラメトリック解析の結果、最も精度がよく推論できると考えられる第一中間層 23 ユニット、第二中間層 12 ユニットとした。このネットワーク構造を用いた学習過程における収束状況を図-1 に示す。同図は、学習データとして用いた実験データを入力して、出力される推論値 M_{nn}/M_{yfc} と実験結果 M_{max}/M_{yfc} との誤差 $|1 - \sigma_{max}/\sigma_{nn}|$ を調べたものであり、縦軸は誤差の範囲 3%, 5%, 10%, 20% に収まる供試体数を表す。学習を重ねると精度が向上することがわかる。これ以上精度の向上が見込めないとみなせる 180000 回のモデルを採用することにした。このモデルでは全供試体の 95% に対して誤差 10% 以内で終局強度を推定できることがわかる。実験結果とこのモデルによる推論値を比較すると図-2 のようになり、相関係数は 0.983 である。 M_{max}/M_{nn} の平均値は 0.994、標準偏差は 0.046 である。補習学習を検討したが、効果が見込めなかったため、本研究では通常学習のみのモデルを用いてシステム化した。

3. システムの分析

本システムを利用して、2 軸対称の無補剛 I 断面梁について、腹板とフランジの断面積比 $b_f t_f / B t_w = 0.5$ を固定して、パラメトリック解析を実施した。SS400 鋼相当 $E/\sigma_y = 875$ とし、変化させるパラメータは腹板とフランジの換算幅厚比で、それぞれ $\xi_w = B/t_w \sqrt{\sigma_y/E}$ 、 $\xi_f = b_f/t_f \sqrt{\sigma_y/E}$ である。ここに、 B は腹板高さ、 t_w は腹板厚さ、 b_f はフランジ幅、 t_f はフランジ厚さ、 σ_y は降伏応力、 E は弾性定数である。

図-3 は腹板の換算幅厚比を $\xi_w = 5.07$ (曲げ座屈に

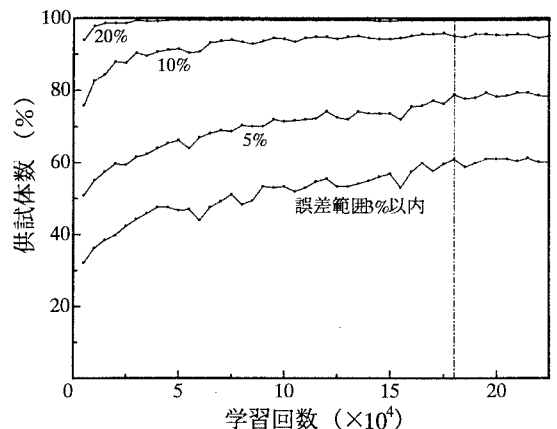


図-1 学習過程における収束状況

Kazuhisa NIWA, Ichizou MIKAMI, Kie SHIBAMOTO

対する限界値)に固定し、フランジの幅厚比を $\zeta_f = 0.68, 0.85, 1.01$ と変化させた。 $\zeta_f = 0.85$ はフランジのねじれ座屈の限界値である。横軸には式(1)で表される梁の横倒れ座屈に対するパラメータ λ 、縦軸には終局曲げ強度の推論値 M_{nn}/M_{yfc} をとった。

$$\lambda = \sqrt{M_{yfc}/M_{cr}} = \sqrt{M_{yfc} / \left(\frac{\pi}{L_e} \sqrt{EI_z GJ \left(1 + \frac{\pi^2 EI_w}{L_e^2 GJ} \right)} \right)} \quad (1)$$

ここに、 M_{yfc} は圧縮フランジの降伏モーメント、 L_e は有効座屈長、 E は弾性係数、 I_z は弱軸回りの断面2次モーメント、 G はせん断弾性係数、 J はねじり定数、 I_w はそりねじり定数である。

λ が0.7~0.8より大きいときは、横倒れ座屈強度が桁の強度を決定する。各ケースに強度差がみられる。これは、 ζ_f が小さくなるにしたがって断面変形による強度低下が顕著に現れるからである³⁾。一方、 λ が0.7~0.8より小さいときはフランジの強度が桁の強度を決定する。いずれのケースでも、 λ が0.4より小さいときは圧縮フランジが降伏に達して崩壊する。 λ が0.4~0.8のとき、 $\zeta_f = 1.01$ のケースでは、圧縮フランジに生じるねじれ座屈が桁の強度を決定する。

図-4はフランジの換算幅厚比を $\zeta_f = 0.85$ に固定し、腹板の換算幅厚比を $\zeta_w = 3.38, 5.07, 6.76$ と変化させた。 $\zeta_w = 3.38$ と5.07の2ケースについて、横倒れ座屈が桁の強度を決定する領域で比較してみる。 λ が1より小さいときは両ケースとも同じ強度を与えるが、 λ が1より大きいときは断面変形による影響が現れて強度差が生じる。 $\zeta_w = 5.07$ のケースでは、 λ が0.6より小さいときにはフランジの降伏が桁の強度を与える。一方、 $\zeta_w = 3.38$ のケースでは、腹板が厚いのでフランジが降伏しても桁は終局に至らず、腹板に塑性化が進展することで強度が上昇すると考えられる。 $\zeta_w = 6.76$ のケースでは、腹板の曲げ座屈が生じるので、圧縮フランジの降伏モーメントまで強度は期待できない。

4. あとがき

プレートガーダーにもI断面梁にも適用できる終局曲げ強度算定システムを用いて、2軸対称I断面の梁の曲げ強度をパラメトリック解析を行った。文献3)で報告されている傾向が顕著に現れた。

【参考文献】1) 三上, 丹羽, 山根: 鋼I断面部材の終局曲げ強度のニューラルネットワークシステム, 土木学会年次学術講演概要集, 1996.9. 2) 三上, 丹羽, 宇高, 山根, 有若: 鋼構造部材の耐荷力実験のマルチメディアデータベースの構築, 土木学会関西支部年次学術講演概要, 1996.5. 3) Hancock, G. J.: Local, Distortional, and Lateral Buckling of I-Beams, Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.104, No.ST11, Nov. 1978.

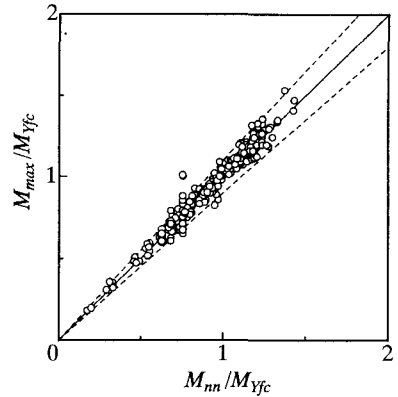


図-2 M_{nn}/M_{yfc} と M_{max}/M_{yfc} の関係

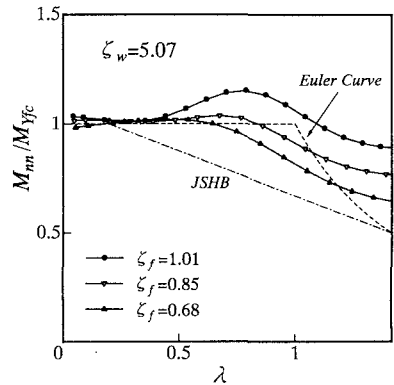


図-3 腹板固定の場合の強度曲線

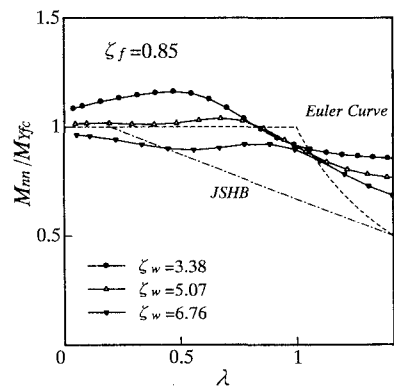


図-4 フランジ固定の場合の強度曲線