

日本電子計算(株) 正会員 ○丹羽量久
 関西大学工学部 フェロー 三上市蔵
 (株)鴻池組 正会員 辻尾正樹

1. まえがき

プレートガーダーや I 断面梁の限界状態設計を行うには、腹板やフランジの局部座屈強度を把握するとともに、部材としての終局強度をできるだけ簡易な方法で精度良く推定する必要がある。著者らはすでに、曲げを受ける鋼 I 断面部材を対象とした現実に生じるさまざまな要因の影響を反映した終局強度算定ニューラルネットワークシステム¹⁾を開発し、精度よく終局強度を推定できることを示している。本研究では、鋼 I 断面部材が曲げとせん断を同時に受ける場合をとりあげ、その終局強度が算定できるニューラルネットワークシステムを開発した。

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の学習データとしては、世界中の研究機関で実施された鋼 I 断面部材の終局強度実験データ²⁾から曲げとせん断を同時に受ける 300 体を取り出し、採用する。入力パラメータとしては、文献 1) のシステムに用いた寸法特性、材料特性、製作条件に加えて、鋼 I 断面部材の曲げ・せん断強度特性を正確に表現できるように、荷重条件として試験対象パネル両端の曲げモーメント比を採用した。寸法特性、材料特性、製作条件、荷重条件についての入力パラメータをそれぞれ表-1、表-2、表-3、表-4 に示す。出力パラメータとしては、曲げ終局強度とせん断終局強度の二つを考え、表-5 に示すように圧縮フランジの降伏モーメント M_{yf_c} との比 M/M_{yf_c} と腹板の降伏せん断力との比 V/V_{yw} を用いる。

表-1 入力パラメータ (寸法特性)

パラメータ	学習範囲
全体パネルの縦横比	L/B 0.633 ~ 23.4
部分パネルの縦横比	a/B 0.500 ~ 23.4
有効座屈長と腹板高との比	L_e/B 0.464 ~ 25.8
単一パネルの縦横比	a/b_1 0.634 ~ 23.4
	a/b_2 0.625 ~ 4.69
	a/b_3 0.806 ~ 4.67
腹板の幅厚比	B/t_w 14.3 ~ 455
圧縮フランジの幅厚比	b_{fc}/t_{fc} 4.90 ~ 32.5
引張フランジの幅厚比	b_{ft}/t_{ft} 4.90 ~ 32.5
垂直補剛材の幅厚比	b_v/t_v 2.16 ~ 10.7
水平補剛材の幅厚比	b_h/t_h 2.31 ~ 14.2
圧縮フランジと腹板の断面積比	A_{fc}/A_w 0.272 ~ 4.02
引張フランジと腹板の断面積比	A_{ft}/A_w 0.272 ~ 4.02
垂直補剛材と腹板の断面積比	A_v/A_w 0.018 ~ 0.670
水平補剛材と腹板の断面積比	A_h/A_w 0.031 ~ 0.395

表-2 入力パラメータ (材料特性)

パラメータ	学習範囲
腹板のポアソン比	ν_w 0.251 ~ 0.300
圧縮フランジのポアソン比	ν_{fc} 0.230 ~ 0.300
引張フランジのポアソン比	ν_{ft} 0.230 ~ 0.300
垂直補剛材のポアソン比	ν_v 0.300
水平補剛材のポアソン比	ν_h 0.300
腹板の弾性係数と降伏応力の比	E_w/σ_{yw} 243 ~ 1237
圧縮フランジの弾性係数と降伏応力の比	E_{fc}/σ_{yf_c} 242 ~ 1022
引張フランジの弾性係数と降伏応力の比	E_{ft}/σ_{yf_t} 243 ~ 1022
垂直補剛材の弾性係数と降伏応力の比	E_v/σ_{yv} 487 ~ 1070
水平補剛材の弾性係数と降伏応力の比	E_h/σ_{yh} 551 ~ 1320

ネットワーク構造としては中間層 2 層の 4 層構造の階層型ネットワークとした。入力層のユニット数は 31, 出力層のユニット数は 2 である。中間層の最適ユニット数については、パラメトリック解析を行って、最も精度良く推論できると考えられる第一中間層のユニット数 30, 第二中間層のユニット数 11 を選定した。最適学習係数についても、パラメトリック解析を行い、 $(\varepsilon, \alpha, \beta) = (10.0, 0.8, 0.0)$ を採用した。

3. ニューラルネットワークシステムの評価

曲げとせん断を同時に受ける鋼 I 断面部材の終局強度を一つの指標で表現するため、推論値と実験結果に対しては次の値を用いる。

$$L_{nn}' = \sqrt[4]{\left(\frac{M_{nn}}{M_{yfc}}\right)^4 + \left(\frac{V_{nn}}{V_{yw}}\right)^4} \quad (1)$$

$$L_{\max}' = \sqrt[4]{\left(\frac{M_{\max}}{M_{yfc}}\right)^4 + \left(\frac{V_{\max}}{V_{yw}}\right)^4} \quad (2)$$

学習に用いた実験結果と構築したシステムによる推論値を式(1)、式(2)を用いて比較すると、図-1 が得られる。推論値 L_{nn}' と実験結果 $L_{\max}'$ の相関係数は 0.9942, $L_{nn}'/L_{\max}'$ の平均値と標準偏差はそれぞれ 1.0030, 0.0344 である。本システムは曲げ・せん断終局強度を満足できる精度で推論できることがわかる。

4. あとがき

曲げとせん断を同時に受ける鋼 I 断面部材の耐荷力実験データを用いて、現実が生じるさまざまな要因の影響を反映できる終局強度算定ニューラルネットワークシステムを開発した。本システムの推論は、十分に満足できる精度でなされている。詳細については、講演会当日に述べる。

【参考文献】

- 1) 丹羽量久, 三上市蔵: 鋼 I 断面部材の曲げ終局強度の算定ニューラルネットワークシステム, 構造工学論文集, Vol.44A, 1998.
- 2) 三上市蔵, 丹羽量久, 他: 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, 平成 8 年度土木学会関西支部年次学術講演会。

表-3 入力パラメータ (製作条件)

パラメータ		供試体数
製作方法	圧延、溶接	62, 238
垂直補剛材	配置	なし, 片側, 両側
	取付け方	離す, マルタッチ, 溶接
水平補剛材	配置	なし, 片側, 両側
	取付け方	離す, マルタッチ, 溶接

表-4 入力パラメータ (荷重条件)

パラメータ	学習範囲
試験対象パネル両端の曲げモーメント比 β	0.00 ~ 0.71

表-5 出力パラメータ

パラメータ	学習範囲
終局曲げ強度(最大値) $M_{\max} / M_{yfc}$	0.174 ~ 1.93
終局せん断強度 $V_{\max} / V_{yw}$	0.030 ~ 1.46

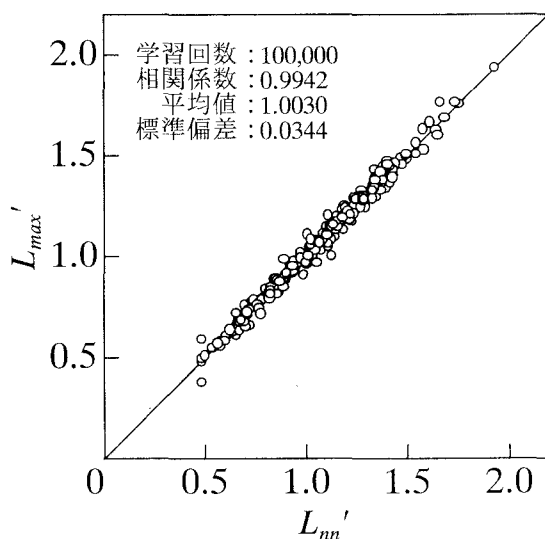


図-1 実験結果と推論値の比較