

日本電子計算	正 会 員	丹羽量久
関西大学工学部	フェロー	三上市藏
関西大学大学院	学生会員	○片岡健夫

1 まえがき 鋼補剛板の限界状態設計を行うには、主板や縦補剛材の局部座屈を考慮して、できるだけ簡易に精度良く終局圧縮強度を推定する必要がある。従来の耐荷力モデルでは、弾性座屈強度 σ_{cr} と降伏応力 σ_Y に基づくパラメータ $\lambda = \sqrt{\sigma_Y / \sigma_{cr}}$ で終局強度を推定する。この方法では、推定誤差が存在しても解決策がなく、強度と相関の高いパラメータを見逃している可能性がある。

著者らは、世界中から収集した鋼補剛板の圧縮耐荷力実験データ¹⁾を利用して、鋼補剛板の終局圧縮強度算定のためのニューラルネットワークシステムを構築した²⁾。このシステムでは、あらゆる寸法特性をもつ縦横補剛板の強度を正確に表現できるように、寸法と材料特性と製作条件が入力パラメータとして用いられている。したがって、従来の種々の耐荷力モデルとは違って、システムの適用範囲内は、これまで実験が行われていないような寸法特性、材料特性をもつ供試体に対して仮想実験を実施できる。本研究では、著者らが提案した算定法³⁾による崩壊形式に対して、このシステムのパラメータ λ の学習範囲と推論精度を調べた。

2 補剛板の崩壊形式 縦横補剛板の圧縮終局強度算定法³⁾では、以下の 4 通りの座屈が考慮される。すなわち 1) 縦横補剛板(全体パネル)が縦・横補剛材とともに座屈する全体座屈、2) 横補剛材間で縦補剛板(部分パネル)が縦補剛材とともに座屈する部分座屈、3) 縦・横補剛材で囲まれた主板部分(単一パネル)の局部座屈、4) 応力部材である縦補剛材の局部座屈である。これらの座屈強度は弾性座屈に基づくパラメータ $\lambda = \sqrt{\sigma_Y / \sigma_{cr}}$ で表現される。ただし、全体座屈に対しては、全体パネルが 1 半波のモードで座屈する場合は λ_1 で、2 半波以上のモードで座屈する場合は λ_2 で終局強度が表現される。一方、部分座屈に対しては、部分パネルが 1 半波のモードで座屈する場合は λ_3 で、2 半波以上のモードで座屈する場合は λ_4 で表現される。

圧縮を受ける縦横補剛板の崩壊形式は、前述の 4 つの座屈を組合わせて表現できる³⁾。①単一パネルや縦補剛材に局部座屈が生じない場合は、全体座屈あるいは部分座屈。②単一パネルの局部座屈が先行する場合は、全体座屈あるいは部分座屈との連成座屈。③縦補剛材の局部座屈が先行する場合は、全体座屈あるいは部分座屈との連成座屈。④単一パネルと縦補剛材の両方の局部座屈が先行する場合は、全体座屈あるいは部分座屈との連成座屈として崩壊する。

3 局部座屈が生じない場合 学習データの縦横補剛板²⁸体のうち、全体座屈で崩壊するもの(λ_2)が 9 体 ($0.53 \leq \lambda_2 \leq 0.82$)、部分座屈で崩壊するもの(λ_3)が 9 体 ($0.51 \leq \lambda_3 \leq 0.73$) である。一方、縦補剛板 92 体のうち 53 体が部分座屈で崩壊し、 λ_3 に 52 体 ($0.45 \leq \lambda_3 \leq 1.62$)、 λ_4 に 1 体 ($\lambda_4 = 1.08$) が属す。これらの供試体に対する推論値 σ_{nn} / σ_Y を実験値 σ_{max} / σ_Y と比較すると図-1 が得られる。実験結果との差が 4% ある 2 体を除けば、システムは終局強度を差 0.7% 以下で推論できる。差が 4% ある 2 体は、全く同じ寸法・材料で製作されたにもかかわらず、実験結果がかけ離れている。

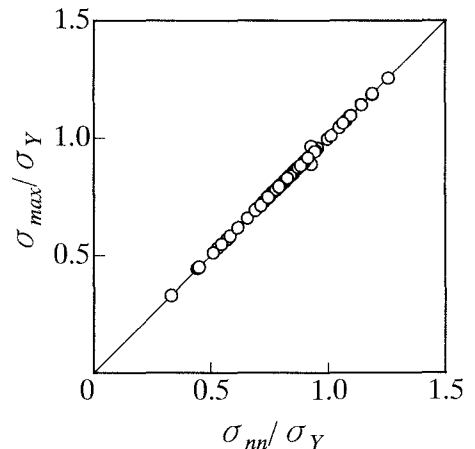


図-1 局部座屈が生じない場合

Kazuhisa NIWA, Ichizou MIKAMI, Takeo KATAOKA

システムはこれら2体に対する平均値を推論するので、差が4%と大きいのはかけ離れた実験結果が影響したことになる。システムは2体に対して差±4%で推論した。

4 単一パネルの局部座屈が先行する場合 縦横補剛板 28体のうち、この崩壊形式に該当する供試体は2体である。 λ_2 に1体($\lambda_p=1.79$, $\lambda_2=1.04$), λ_3 に1体($\lambda_p=0.62$, $\lambda_3=0.45$)が属す。一方、縦補剛板 92体のうち17体がこの崩壊形式に該当する。17体とも λ_3 ($0.70 \leq \lambda_p \leq 1.99$, $0.43 \leq \lambda_3 \leq 0.93$)に属す。これらの供試体の σ_{nn}/σ_Y を σ_{max}/σ_Y と比較すると図-2が得られる。システムは終局強度を差0.6%以下で推論できる。

5 縦補剛材の局部座屈が先行する場合 縦横補剛板 28体のうち、この崩壊形式に該当する供試体は4体ある。 λ_2 に2体($\lambda_s=0.684$, $0.485 \leq \lambda_2 \leq 0.498$), λ_3 に2体($\lambda_s=0.684$, $0.460 \leq \lambda_3 \leq 0.462$)が属す。一方、縦補剛板 92体のうち4体がこの崩壊形式に該当する。4体とも λ_3 ($0.64 \leq \lambda_s \leq 0.85$, $0.47 \leq \lambda_3 \leq 0.68$)に属す。これらの供試体の σ_{nn}/σ_Y を σ_{max}/σ_Y と比較すると図-3が得られる。システムは終局強度を差0.6%以下で推論できる。

6 単一パネルと縦補剛材の両方の局部座屈が先行する場合

縦横補剛板 28体のうち4体がこの崩壊形式に該当する。4体すべてが λ_2 ($0.77 \leq \lambda_p \leq 1.91$, $0.96 \leq \lambda_{st} \leq 1.26$, $0.42 \leq \lambda_2 \leq 0.67$)に属し、すべてT形縦補剛材をもつ。縦補剛材のねじれ座屈が生じたことになる。一方、縦補剛板 92体のうち18体がこの崩壊形式に該当する。18体とも λ_3 ($0.60 \leq \lambda_p \leq 0.86$, $0.65 \leq \lambda_s \leq 1.08$, $0.34 \leq \lambda_3 \leq 0.55$)に属す。これらの供試体の σ_{nn}/σ_Y を σ_{max}/σ_Y と比較すると図-4が得られる。システムは終局強度を差1%以下で推論できる。

7 あとがき 本研究では、著者らが提案した終局強度算定法³⁾による崩壊形式ごとに、ニューラルネットワークシステムのパラメータ λ の学習範囲と推論精度を調べた。詳細は講演会当日に述べる。

【参考文献】1) 三上・丹羽・他：鋼補剛板の耐荷力に関する実験データベースの構築，構造工学論文集，土木学会，Vol.35A，1989.3. 2) 丹羽・三上・他：ニューラルネットワークを用いた圧縮補剛板の終局強度の算定システムの構築，土木学会関西支部年次学術講演概要，1997.5. 3) Mikami, I. and Niwa, K., Ultimate Compressive Strength of Orthogonally Stiffened Steel Plates, *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol.122, No.6, 1996.

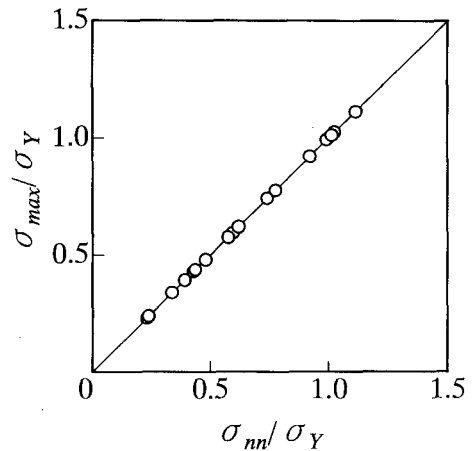


図-2 単一パネルの局部座屈が先行する場合

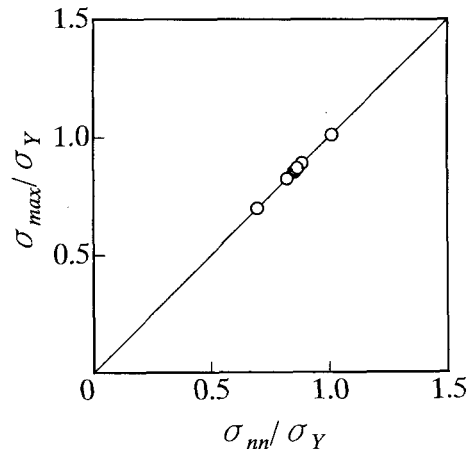


図-3 縦補剛材の局部座屈が先行する場合

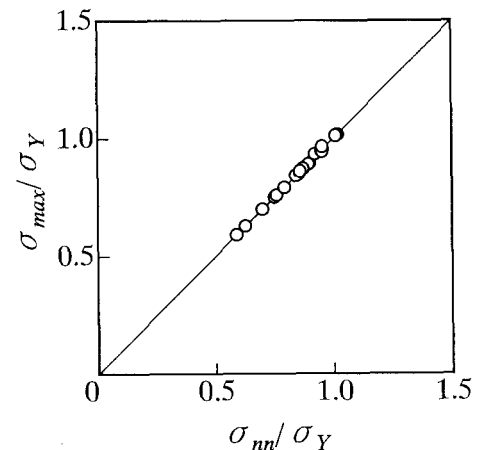


図-4 単一パネルと縦補剛材の両方の局部座屈が先行する場合