

## I - A91

## ニューラルネットワークシステムを用いた圧縮補剛板の終局強度の分析

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\*\*  
 川田工業 正会員 坂井直仁\*\*\*

1. まえがき 圧縮補剛板の限界状態設計法を確立するためには、板パネル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強度を推定する必要がある。著者らは、すでに直交異方性板理論に基づいて、縦桁をもっていたり、縦補剛材が横補剛材上で連続していない場合にも適用できる、圧縮補剛板の終局強度算定法を提案している<sup>1)</sup>。この算定法は、下限値を予測するように定められており、数多くの実験結果を用いて検証されている。この算定法を幅広い設計に使うためには、あらゆるパラメータに対しての検討・分析を加える必要がある。

著者らは、過去に世界中で行われた鋼補剛板の圧縮耐力力実験データ<sup>2)</sup>を利用して、ニューラルネットワークによる補剛板の終局圧縮強度算定モデル<sup>3)</sup>を構築した。このモデルは、すべての実験データを的確に表現できるパラメータをシステムとして内蔵するものである。本研究では、このニューラルネットワークシステムを使って、圧縮を受ける鋼補剛板の終局強度について分析した。

2. ニューラルネットワークシステム 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モデル<sup>3)</sup>の学習データとしては、鋼補剛板の耐力力実験データベース<sup>2)</sup>から、圧縮を受け、周辺支持された補剛板の実験データ 120 体を取り出した。その内訳を表-1に示す。補剛板の終局強度を論じるとき、一般的には、座屈パラメータ  $\lambda$  が使われるが、理論的には究明されていないような効果をもたらす要因が見い出される可能性を残すように考えて、入力パラメータは、主板、縦補剛材、横補剛材の寸法、材料特性をそのまま無次元化し、補剛材の形状などの製作条件なども加味した。一方、出力パラメータには、終局圧縮強度の実験値と主板の降伏応力との比をとった。入力・出力パラメータを、それぞれ表-2, 3に正規化の範囲とともに示す。ネットワーク構造は、中間層を2層とり、4層構造の階層型ネットワーク

表-1 実験データ

| 補剛<br>載荷位置<br>形式<br>支持条件 | 図心載荷 |      | 偏心載荷 |      | 合計  |
|--------------------------|------|------|------|------|-----|
|                          | 縦補剛  | 直交補剛 | 縦補剛  | 直交補剛 |     |
| 単純支持                     | 47   | 7    | 26   | 14   | 84  |
| 固定支持                     | 14   | 7    | 5    | 0    | 26  |
| 合計                       | 61   | 14   | 31   | 14   | 120 |

表-2 入力パラメータ

| 寸法<br>特性 | 縦横比      | 幅厚比                                 | 断面積比 | 剛比 | 材料特性 | 製<br>作<br>条<br>件 | 最小値  | 最大値  |
|----------|----------|-------------------------------------|------|----|------|------------------|------|------|
|          |          |                                     |      |    |      |                  |      |      |
|          | 全体パネル    | (L/B)                               |      |    |      |                  | 0.50 | 4.0  |
|          |          |                                     |      |    |      |                  | 0.00 | 4.0  |
|          |          |                                     |      |    |      |                  | 0.00 | 15   |
|          | 部分パネル    | (a/B)                               |      |    |      |                  | 0.00 | 500  |
|          |          |                                     |      |    |      |                  | 0.00 | 25   |
|          |          |                                     |      |    |      |                  | 0.00 | 20   |
|          | 単一パネル    | (a/b)                               |      |    |      |                  | 0.00 | 0.25 |
|          |          |                                     |      |    |      |                  | 0.00 | 0.20 |
|          |          |                                     |      |    |      |                  | 0.00 | 800  |
|          | 縦補剛材     | (h <sub>s1</sub> /t <sub>s1</sub> ) |      |    |      |                  | 0.00 | 1000 |
|          | 縦補剛材複板   | (h <sub>s1</sub> /t <sub>s1</sub> ) |      |    |      |                  | 0.20 | 0.35 |
|          |          |                                     |      |    |      |                  | 100  | 1000 |
|          |          |                                     |      |    |      |                  | 0.20 | 0.35 |
|          | 縦補剛材フランジ | (h <sub>s2</sub> /t <sub>s2</sub> ) |      |    |      |                  | 0.20 | 0.35 |
|          | 横補剛材     | (A <sub>s</sub> /B·t)               |      |    |      |                  | 100  | 1000 |
|          | 横補剛材     | (A <sub>r</sub> /B·t)               |      |    |      |                  | 0.20 | 0.35 |
|          | 横補剛材剛比   | (γ <sub>r</sub> )                   |      |    |      |                  | 0.20 | 0.35 |
|          | 主板       | (E/σ <sub>y</sub> )                 |      |    |      |                  | 0.0  | 1.0  |
|          | 縦補剛材     | (E <sub>s</sub> /σ <sub>ys</sub> )  |      |    |      |                  | 0.0  | 1.0  |
|          | 横補剛材     | (E <sub>r</sub> /σ <sub>yr</sub> )  |      |    |      |                  | 0.0  | 1.0  |
|          | 補剛材の断面形状 | (F/T, L/H, U)                       |      |    |      |                  | 0.0  | 1.0  |
|          | 載荷位置     | (図心, 主板)                            |      |    |      |                  | 0.0  | 1.0  |
|          | 横補剛材の取合  | (貫通, 溶接)                            |      |    |      |                  | 0.0  | 1.0  |
|          | 載荷位置     | (図心, 主板)                            |      |    |      |                  | 0.0  | 1.0  |

表-3 出力パラメータ

| 終局圧縮強度の比 (σ <sub>max</sub> /σ <sub>y</sub> ) | 最大値 | 最小値 |
|----------------------------------------------|-----|-----|
|                                              | 0.0 | 1.5 |

キーワード：圧縮補剛板、終局強度、ニューラルネットワークシステム

連絡先：\* 〒532 大阪市淀川区西中島 2-12-11 TEL 06-307-5462 / FAX 06-305-1968

\*\* 〒564-80 吹田市山手町 3-3-35

TEL 06-368-1121 / FAX 06-330-3770

とした。入力層のユニット数は、19、出力層のユニット数は1である。中間層のユニット数は、パラメトリック解析を行って、最も精度よく推論できると考えられる第一中間層のユニット数13、第二中間層のユニット数10を採用した。

このモデルによると、全供試体に対して誤差4%以内で終局強度を推論でき、このうち93%の供試体に対しては、誤差1%内の推論値が得られる。学習に用いた実験結果とこのモデルから得られる推論値を比較すると図-1のようになり、相関係数は1.000である。 $\sigma_{\max}/\sigma_{nn}$ の平均値は1.003、標準偏差は0.007である。同図より $(\sigma_{\max}/\sigma_Y) \geq 1$ の実験供試体についても精度よく推論できることがわかる。

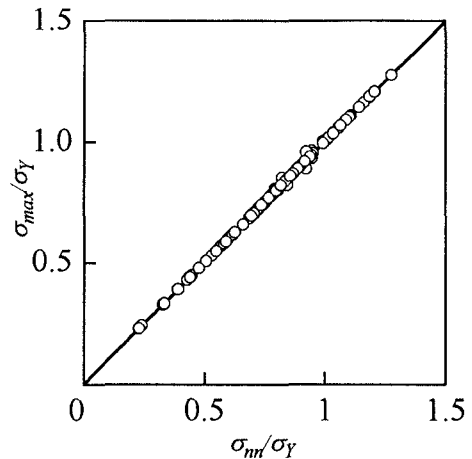


図-1 実験値と推論値

**3. 終局強度の分析** ニューラルネットワークシステム<sup>3)</sup>を使って、縦補剛材の剛度が補剛板の終局強度 $\sigma_{ult}/\sigma_Y$ に与える影響を調べた。降伏応力比が $\sqrt{\sigma_Y/E} = 0.0338$ 、ポアソン比が $\nu = 0.3$ 、単一パネルの幅厚比が $b/t = 40$ とし、幅厚比 $h_s/t_s = 10$ のフラット型縦補剛材2本のみを持つ。図-2は、縦補剛材剛比 $\gamma_s = EI_s/bD$ を必要最小剛比 $\gamma_s^*$ に等しいときとその3倍のときの2ケースについてプロットしたものである。ここに、 $I_s$ 、 $D$ はそれぞれ縦補剛材1本の曲げ剛度と主板の曲げ剛度である。縦補剛材の必要最小剛比 $\gamma_s^*$ は、単一パネルの強度と補剛板としての強度を等しくなるように定められるべきであるが、ここでは、弾性座屈強度が等しいと考えて式(1)で計算した。

$$\gamma_s^* = 4(n_s + 1)^2(1 + \delta_s)\alpha_r^2 - (1 + \alpha_r^2)^2 \quad \text{for } \alpha_r < \alpha_{r0} \quad (1a)$$

$$\gamma_s^* = \left\{ 2(n_s + 1)^2(1 + \delta_s) - 1 \right\} - 1 \quad \text{for } \alpha_r \geq \alpha_{r0} \quad (1b)$$

ここに、 $\delta_s = A_s/bt$ 、 $\alpha_{r0} = \sqrt{1 + \gamma_s^*}$ である。図-2から、縦横比 $\alpha_r$ が大きくなると、両ケースとも強度の低下が見られ、両ケース間の強度差が大きくなる。縦補剛材の剛度を大きくした効果が若干見られるが、縦補剛材の剛度を3倍にしてもたいした強度増加は期待できないと考えられる。一方、同図には文献1)の算定法による予測値もプロットされている。算定法<sup>1)</sup>は下限値を予測するために安全側となっているが、縦補剛材剛度が大きくなることによる強度増加が反映できることがわかる。

**4. あとがき** すでに、圧縮を受ける鋼補剛板の耐荷力実験データを使って、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が構築されている。本研究では、このニューラルネットワークシステムを使って、圧縮を受ける補剛板の終局強度について分析した。詳細は、講演会当日に述べる。

【参考文献】1) Mikami, I. and Niwa, K., Ultimate Compressive Strength of Orthogonally Stiffened Steel Plates, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.122, No.6, June 1996. 2) 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. 3) 丹羽・三上・坂井：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.

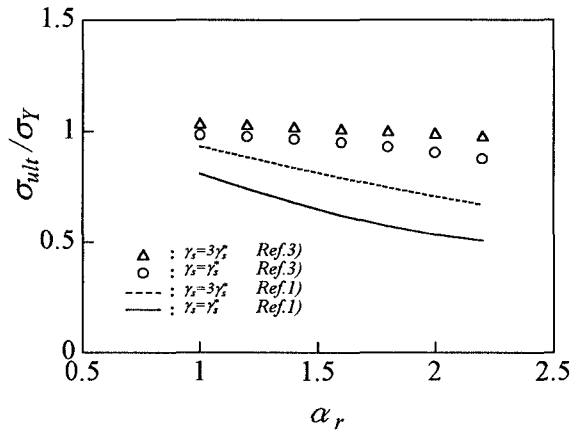


図-2 縦横比と終局強度の関係