

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¹⁾。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。

一方、鋼部材の終局強度算定のためにニューラルネットワークを用いて、プレートガーダーの終局せん断強度算定モデル²⁾、鋼 I 断面部材の終局曲げ強度算定モデル³⁾が構築されている。本研究では、過去に世界中で行われた鋼補剛板の圧縮耐荷力実験データを利用して、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を構築する。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。

2. 開発環境

本研究には、最近広く普及した Windows95 上で稼働する、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 を用いた。ユーザインターフェイスに、Microsoft 製の Visual Basic を利用した。

3. 学習データの作成

学習データとしては、鋼補剛板の耐荷力実験データベース⁴⁾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 λ が使われる。本研究では、理論的には究明されていないような効果をもたらすパラメータが見い出される可能性を残すように、入力パラメータとしては、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た。また補剛材の形状などの製作条件なども加味した。出力パラメータには、終局圧縮

表-1 実験データ

補剛 材形式 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

			最小値	最大値
寸法特性	縦横比	全体パネル (L/B)	0.50	4.0
		部分パネル (a/B)	0.00	4.0
		単一パネル (a/b)	0.00	15
	幅厚比	主板 (B/t)	0.00	500
		縦補剛材複板 (t_{s1}/t_{s1})	0.00	25
		縦補剛材フランジ (t_{s2}/t_{s2})	0.00	20
断面積比	縦補剛材	($A_s/B \cdot t$)	0.00	0.25
		($A_r/B \cdot t$)	0.00	0.20
	剛比	(r_p)	0.00	800
材料特性	主板	降伏応力比 (E/σ_p)	100	1000
		ポアソン比 (ν)	0.20	0.35
	縦補剛材	降伏応力比 (E_s/σ_{ys})	100	1000
		ポアソン比 (ν_s)	0.20	0.35
	横補剛材	降伏応力比 (E_r/σ_{yr})	100	1000
		ポアソン比 (ν_r)	0.20	0.35
製作条件	補剛材の断面形状 (F/T, L/H U)		0.0	1.0
	載荷/支持条件 (単純, 固定)		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

表-3 出力パラメータ

	最大値	最小値
終局圧縮強度の比 (σ_{max}/σ_p)	0.0	1.5

強度の実験値と主板の降伏応力との比をとった。正規化の範囲となる入力パラメータの最小値、最大値を表-2に、出力パラメータの最小値、最大値を表-3に示す。

4. ネットワークモデル

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。

5. システムの構築と評価

ニューラルネットワークの学習過程での収束状況を図-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 σ_{nn}/σ_Y と実験結果 σ_{max}/σ_Y 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1%、2%、3%、4%、5%に収まる供試体数を表す。学習を重ねるにしたがって精度が向上するのがわかる。学習回数が80万回に達するとすべての実験供試体に対して誤差が5%以内に収まった。本研究では、最も精度よく推論できる学習回数120万回のモデルを採用した。これ以上学習を重ねると、かえって精度が悪くなる。

このモデルによると、全供試体に対して誤差範囲4%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-2のようになり、相関係数は1.000である。 σ_{max}/σ_{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。

6. あとがき

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を構築した。本システムは、学習された供試体に対して実験結果を非常に的確にとらえている。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・榎並：ニューラルネットワークを用いたプレートガーダー終局強度の算定に関する研究, 土木学会関西支部年次学術講演概要, 1995.5. 3) 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. 4) 三上・丹羽・井上・大谷：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.

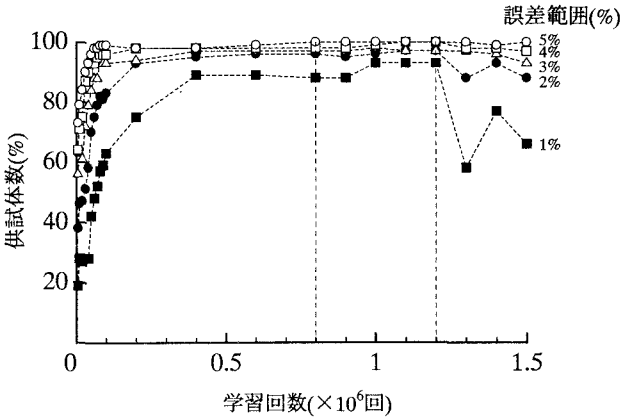


図-1 学習回数と誤差範囲に収まる供試体の割合

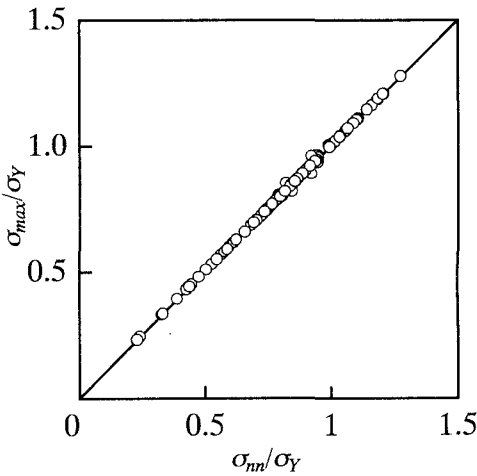


図-2 学習回数120万回のモデル