

関西大学工学部 フェロー 三上 市蔵
日本電信電話 正 会 員 ○榎並 敏也

1. はじめに

道路橋、鉄道橋などに多く用いられる鋼プレートガーダーについては、終局限界状態設計における耐荷力算定のための力学的モデルが数多く提案され、実験による結果との比較検討が行われている。しかし、終局せん断強度の算定に関しては、広範囲のパラメータに対して精度の良いモデルが提案されているとは言い難い。

本研究では、精度の良い終局せん断強度算定モデルを提案するため、ニューラルネットワークを用いることにした。つまり、ニューラルネットワークの学習機能を利用して、過去に世界中で実施された鋼プレートガーダーの耐荷力実験の結果を教師データとして教え、ニューラルネットワークシステムによる新しいせん断強度算定モデルを築き上げた。

2. 教師データの作成

プレートガーダーは、腹板、圧縮フランジ、引張フランジ、垂直補剛材および水平補剛材から構成されている。これらの寸法、材料特性に関する入力要因の学習データとしては、表1に示すパラメータのように無次元化した値を用いた。出力要因については、終局せん断力の実験値 V_{max} を腹板の全塑性せん断力 V_w と比をとって無次元化した。本研究では、上下フランジ対称断面の実験供試体の中でも補剛材無または、垂直補剛材のみの供試体に対する実験結果を用いた。せん断試験は、厳密にいうと、曲げ・せん断実験であり、実験耐荷力データとして終局せん断強度が与えられているが、曲げによる影響の少ない $M_{max} / M_{ult} \leq 0.5$ の実験供試体を選びだし、これをせん断試験と見なして教師データに使用した。ただし、 M_{max} は、実験終局曲げ強度、 M_{ult} は理論曲げ強度である。

3. ニューラルネットワークの構造

階層型ネットワークを用い、入力層 26 units、出力層 1 unit とした。中間層は 1 層とし、全体で 3 層構造のネットワークとした。中間層の Unit 数は、平均 2 乗誤差と相関係数とから評価して、最も精度の良かった 13 units とした。(表 2)

表 2 中間層の各 Unit 数での誤差

中間層Unit数	10	11	12	13	14	15
平均 2 乗誤差	0.00574	0.00573	0.00570	0.00551	0.00572	0.00595
相関係数	0.96712	0.96789	0.96981	0.97156	0.96709	0.96771

表 1 無次元パラメータ

寸 法	縦 横 比	全体パネル		L/B
		部分パネル		a/B
		単一パネル	a/b_1	
			a/b_2	
			a/b_3	
	幅 厚 比	腹板		B/t_w
		圧縮フランジ		b_{rc}/t_{rc}
		引張フランジ		b_{rt}/t_{rt}
		垂直補剛材		b_v/t_v
		水平補剛材		b_h/t_h
	断 面 積 比	腹板・圧縮フランジ		A_w/A_{rc}
		腹板・引張フランジ		A_w/A_{rt}
		腹板・垂直補剛材		A_w/A_v
		腹板・水平補剛材		A_w/A_h
		補 剛 材	垂直補剛材	無・片・両
	水平補剛材		無・片・両	
	材 料 特 性	ボ	腹板	μ_w
		ア	圧縮フランジ	μ_{rc}
ソ		引張フランジ	μ_{rt}	
ン 比		垂直補剛材	μ_v	
		水平補剛材	μ_h	
降		腹板	E_w/σ_{vw}	
伏		圧縮フランジ	E_{rc}/σ_{vrc}	
応		引張フランジ	E_{rt}/σ_{vrt}	
力 比		垂直補剛材	E_v/σ_{vv}	
		水平補剛材	E_h/σ_{vh}	
		終局せん断力比 V_{max}/V_{vw}		

学習回数は、入力層から出力層にある任意のシナプス結合の刺激回数を教師データ数の 55 とすれば十分と考えられるので、これから 16,500 回とした。このとき平均 2 乗誤差は、ほぼ収束状態にあると見なせた。

4. システムの構築と精度

ニューラルネットワークシステムは、教師データ数 55 組に対して築いた。その結果、平均 2 乗誤差は、0.00551、相関係数は、0.97156 であった。

図 1 に教師データの実験値 ($\frac{V_{max}}{V_{yw}}$) とニューラルネットワークシステムの推論値 ($\frac{V_{NN}}{V_{yw}}$) を比較する。実験値と推論値が等しいときは、実線に位置されるはずである。本システムの結果では、この実線近辺に分布していることがわかる。

図 2 には、学習に用いた教師データとしての、実験値 ($\frac{V_{max}}{V_{yw}}$) と三上モデルによる理論値 ($\frac{V_{ult}}{V_{yw}}$) とを比較した。三上モデルでは、算定値は 1.0 を超えないように定められているが、実際のプレートガーダーでは、1.0 を超える実験供試体が存在することがわかる。また、この図 2 と図 1 を比較することによって、本システムの結果が三上モデルよりも実験値に近い推論をすることがわかる。

図 3 には、教師データとして用いた実験供試体の、ニューラルネットワークモデルの推論値 ($\frac{V_{NN}}{V_{yw}}$) と三上モデルによる理論値 ($\frac{V_{ult}}{V_{yw}}$) とを比較した。ニューラルネットワークモデルは $V_{max}/V_{yw} \geq 1.0$ の場合についても、精度良く評価できることがわかる。

全体的に安全側を算定する三上モデルに対して、本研究で構築したニューラルネットワークシステムは、実験値により近い値を推定することがわかった。

5. あとがき

本研究で構築したシステムは、より精度の良いせん断強度算定モデルとして利用可能なことがわかった。このシステムを利用すれば、既報の算定モデルを見直し、精度の良いモデルを考案することができるであろう。

また、今後の課題として実際の橋梁に多く見られるような上下フランジ非対称断面や水平補剛材のある場合に対するニューラルネットワークシステムを構築することが残されている。

【参考文献】

三上市蔵：プレートガーダーおよびボックスガーダーの終局限界状態設計に関する研究 研究課題番号 0146 0172、平成 3 年度科学研究費補助金（一般研究（B））研究成果報告書、1992.3.

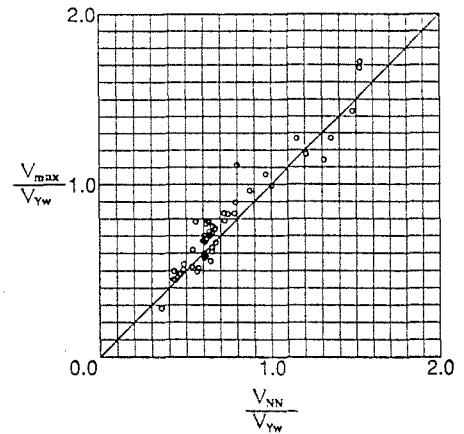


図 1 実験値と推論値の比較

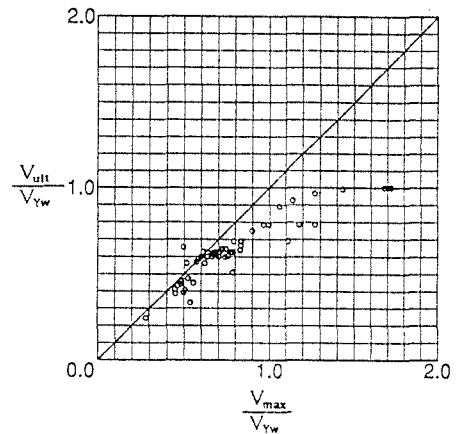


図 2 実験値と理論値の比較

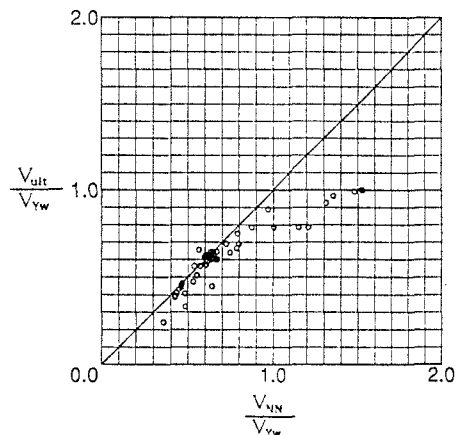


図 3 推論値と理論値の比較