

ニューラルネットワークを用いた自動車車体構造の結合剛性推定法
—差厚結合部材への適用—

Joint Stiffness Estimation Method of Automobile Body Structures using Feedforward Neural network
—Applying to Joint structure that consists of Differential thickness—

○豊島 克幸¹, 島 成二郎¹, 島崎 裕大¹, 岡部 顕史², 富岡 昇²
* Katsuyuki Toyoshima¹, Seiji Shima¹, Yuta shimasaki¹, Akifumi Okabe², Noboru Tomioka²

The estimated method of the joint stiffness is that the numerical values are calculated by inputting the varied design parameters to the feedforward neural network, and this method was applied to L-shape joint structures and T-shape joint structures that consist of the differential thickness. The feedforward neural network estimated the required data by the maximum, the middle, and the minimum values. As a result, it was presumed with sufficient accuracy.

1. 緒 言

自動車車体構造の短期開発に対応するために、上流で高い設計を行い、下流に問題点を極力持ち込まないことが求められている。初期設計段階では、結合部について、矩形断面を持つ梁が結合した簡単なモデルで、結合剛性を満足する構造を検討しなければならない。そこで構造寸法などの設計パラメータに対して、車体全体の剛性に影響を及ぼす結合部の剛性値が、迅速かつ精度良く得られるツールが開発されると、初期設計段階に於いて役立つと考えられる。

本研究では、薄肉箱型断面部材からなる L 型結合部材と T 型結合部材を対象とし、部材の設計パラメータから瞬時に結合剛性値を推定することのできる階層型ニューラルネットワークを用いた推定法について検討した。

2. 結合部構造と結合剛性の定義

図 1~3 に示すように、板厚が異なる薄肉箱型断面部材をフランジ部で結合した部材から成る L 型差厚結合部材と T 型差厚結合部材を対象とする。

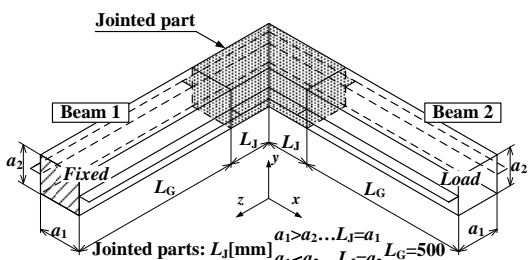


Fig. 1 L-shape joint structure

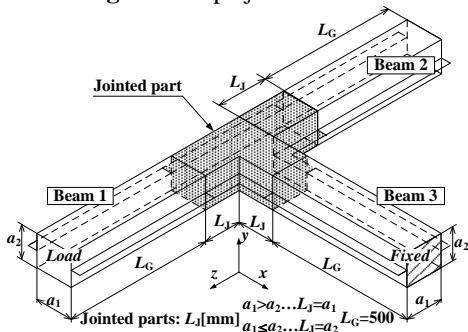


Fig. 2 T-shape joint structure

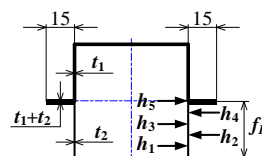


Fig. 3 Height of flange

結合剛性は次のように定義する。L 型結合部材の結合部は同一座標値を持つ 2 個(T 型結合部材は 3 個)の節点で構成される弾性体と考え、その節点に加わるモーメント[M]と回転角[Θ]との関係を剛性マトリクスで表したとき、そのマトリクスを結合剛性と定義し、これを結合剛性マトリクスと呼ぶことにする^[1]。

$$\begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Theta_1 \\ \Theta_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

where, $M_i = [m_{ix} \ m_{iy} \ m_{iz}]^T$, $\Theta_i = [\theta_{ix} \ \theta_{iy} \ \theta_{iz}]^T$,

$[K_{ij}]$: 2×2 square sub-matrix ($i, j = 1, 2$),

k_{ij} : each element of matrix [K] ($i, j = 1 \sim 6$)

3. 結合剛性推定ツール

設計パラメータは部材断面幅 a_1 、部材断面高さ a_2 、上部板厚 t_1 、下部板厚 t_2 、フランジ高さ f_H とし、この設計パラメータと結合剛性値(結合剛性マトリクスの各要素)との関係を、階層型ニューラルネットワークを用いて構築した。その範囲を表 1 に示す。

Table 1 Range of design parameters

Design parameters	Range	Step
Width of cross section: a_1 [mm]	30~90	10
Height of cross section: a_2 [mm]	$a_1 \cdot (0.5 \sim 1.0)$	0.125
	$a_1 \cdot (1.0 \sim 2.0)$	0.25
Aspect ratio of cross section: a_2/a_1 [-]	0.5~1.0	0.125
	1.0~2.0	0.25
Thickness of upper part: t_1 [mm]	0.6~1.4	0.2
Thickness of lower part: t_2 [mm]	0.6~1.4	0.2
Height of flange: f_H [mm]	$a_2/2/5 \cdot (1 \sim 5)$	1

フランジ高さ f_H は $a_2/2$ を 5 分割しており、図 3 に示したように、フランジ高さ f_H を低いものから順に h_1, h_2, h_3, h_4, h_5 と表すこととする。

表 1 で部材断面比 a_2/a_1 が 0.5~1.0 倍と 1.0~2.0 倍とで場合分けしてあるのは、図 4 に示すように 1.0 倍を境にある結合剛性マトリクス要素のデータの傾向が変わる

ためである。

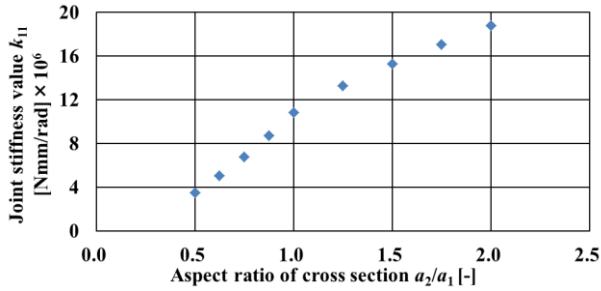


Fig.4 Relation between k_{11} and a_2/a_1

図 4 は、L 型結合部材のフランジ高さ h_1 、部材断面幅 $a_1=30\text{mm}$ 、上部板厚 $t_1=0.6\text{mm}$ 、下部板厚 $t_2=1.4\text{mm}$ の場合の部材断面比 a_2/a_1 に対する結合剛性マトリクス要素 k_{11} の FEM 解析の結果のグラフである。

表 1 の設計パラメータにおけるすべての組み合わせに対する結合剛性値との対のデータは、4375 個となる。

フランジ高さ h_1 の場合を考えると設計パラメータの組み合わせは 875 個となる。この中から、表 2 に示すように部材断面比 a_2/a_1 が 0.5~1.0 倍の場合の部材断面比 a_2/a_1 、部材断面幅 a_1 、上部板厚 t_1 、下部板厚 t_2 がそれぞれ最小値、中間値、最大値となるパラメータの組み合わせである 81 個のデータを学習データとして中間層を 2 層とする階層型ニューラルネットワークを用いて全体の構築を行った。部材断面比 a_2/a_1 が 1.0~2.0 倍の場合も同様に構築を行った。

Table 2 Design parameters (Minimum, Middle, Maximum)

	a_2/a_1 [-]	a_1 [mm]	t_1 [mm]	t_2 [mm]
Minimum	0.5	30	0.6	0.6
Middle	0.75	60	1.0	1.0
Maximum	1.0	90	1.4	1.4

L 型結合部材について、フランジ高さ h_1 での推定を行った結果と、正解値との比較のグラフを図 5 に示す。また、上記の結果について誤差の分布をまとめたものを図 6 に示す(但し、結合剛性マトリクス要素 k_{12} 、 k_{23} の結果を除く)。

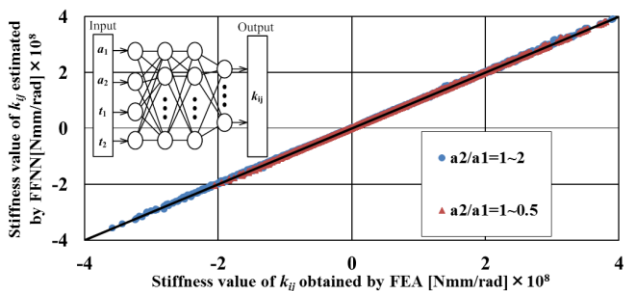


Fig. 5 Estimated stiffness values of k_{ij} of L-shape joint structure (Height of flange h_1)

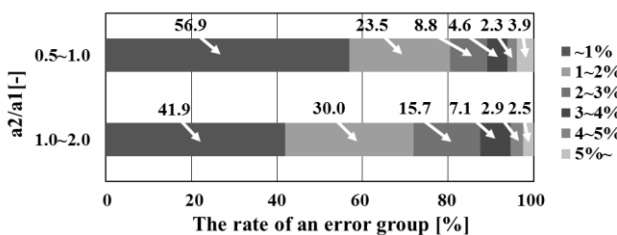


Fig. 6 Error distribution (Height of flange h_1)

図 6 より、 a_2/a_1 が 0.5~1.0 倍の時、誤差 1%未満で推定出来たデータの個数は全体(3500 個)の内の

56.9%(1992 個)、1%以上 2%未満は 23.5%(822 個)、2%以上 3%未満は 8.8%(308 個)、3%以上 4%未満は 4.6%(161 個)、4%以上 5%未満は 2.3%(80 個)となり、データ全体の 95%以上(3363 個)が誤差 5%以内で推定出来ていることがわかる。誤差 5%以上のデータは他の要素に影響を及ぼさない程度に小さい値の結合剛性値である。フランジ高さ h_3 と h_5 の場合についても同様に推定を行った結果、 h_1 の場合と同じく精度よく結果が得られた。

フランジ高さ h_2 、 h_4 の各データについては、上で述べた h_1 、 h_3 、 h_5 の推定データを用いて作成した近似曲線から推定を行った。フランジ高さ h_2 の推定結果を図 7、図 8 に示す。

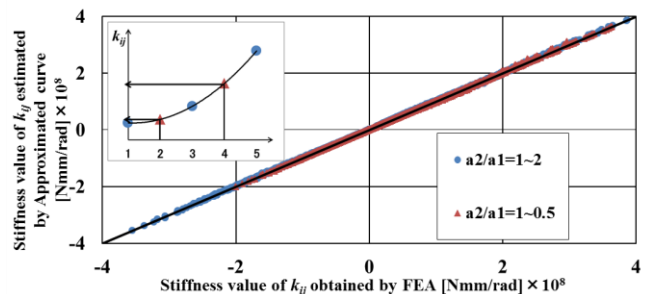


Fig. 7 Estimated stiffness values of k_{ij} of L-shape joint structure (Height of flange h_2)

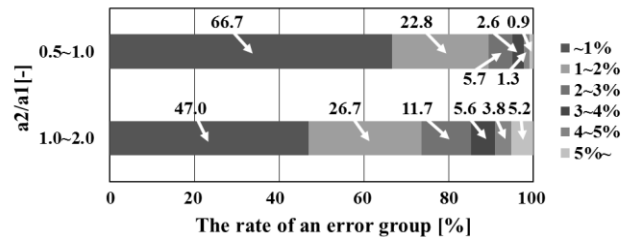


Fig. 8 Error distribution (Height of flange h_2)

この手法でも、90%以上のデータが誤差 5%以内で推定出来ている。フランジ高さ h_4 の場合についても同様に精度よく結果が得られた。

結果として、フランジ高さ h_1 、 h_3 、 h_5 の各 81 個の学習データから、表 1 の設計パラメータにおけるすべての組み合わせに対する結合剛性値との対のデータ 4375 個を精度よく推定出来た。

同様に、T 型結合部材についても検討を行った結果、結合剛性値を精度よく推定出来た。

4. 結 言

板厚が異なる薄肉ハット形断面部材をフランジ部で結合した部材から成る L 型結合部材と T 型結合部材を対象とし、階層型ニューラルネットワークを用いた結合剛性推定法について検討した。主な結果を以下に示す。

- (1) 準備すべき設計パラメータと結合剛性値との対のデータを大幅に減じることができた。
- (2) 本手法により設計パラメータから結合剛性値を精度良く得ることができた。

参 考 文 献

[1] 下牧他 9 名, 自動車技術会論文集.No.43, p.138-142, 1990