

多項式回帰による車体構造の結合剛性値推定法

—結合剛性値を満たす設計パラメータの推定—

鶴巻 駿¹⁾ 志村 圭介¹⁾ 石井 將大¹⁾ 岡部 顕史²⁾ 富岡 昇²⁾

Joint Stiffness Estimation Method of Body Structure using Polynomial Regression -Estimation of Design Parameter from Joint Stiffness values-

Takashi Turumaki¹⁾ Keisuke Shimura¹⁾ Masahiro Ishii¹⁾ Akifumi Okabe²⁾ Noboru Tomioka²⁾

In the beginning designing stage of a body structure, it is demanded to design the body structure in consideration to a joint stiffness. The estimation method to accurately obtain the joint stiffness values from the design parameters using the polynomial trend lines was proposed. In this study, method to estimate design parameters from joint stiffness was researched. As a result, it was shown that the design parameters can be estimated.

Key Words: Vehicle development, Body structure, Body design, Joint stiffness Design parameter, Trend line (B2)

1. 緒 言

車体の結合部により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、初期設計段階において役立つと考えられる。これまでの研究で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⁽¹⁾⁽²⁾を提案し検討してきた。この手法では結合剛性値が小さい値であるとき精度よく得られないという課題があった。そこで本研究では近似曲線を用いた結合剛性推定法を提案する。

薄肉箱形断面部材からなる L 形と T 形結合部材を対象として、部材の断面寸法、上部板厚、下部板厚、フランジ高さを設計パラメータとし、これらの設計パラメータから、多項式回帰による 2 次および 3 次の近似曲線を用いて結合剛性値を推定する手法について検討した。また、本推定法を用いて得られる設計パラメータに対する結合剛性の微分係数の検討を示し、さらに、本推定法を用いて、結合剛性値から設計パラメータを推定する手法を検討した。

2. 結合部構造と結合剛性の定義

図 1,2 に示すように、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 形結合部材と T 形結合部材を対象とする。

L 形結合部材の結合部は同一座標値を持つ 2 個(T 形結合部材は 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部材と定義し、これを結合剛性マトリクスと呼ぶことにする⁽³⁾。

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

where, $M_i = [m_{ix} \ m_{iy} \ m_{iz}]^T$, $\theta_i = [\theta_{ix} \ \theta_{iy} \ \theta_{iz}]^T$
 $[K_{ij}]$: 3×3 square sub-matrix ($i, j = 1, 2$)
 k_{ij} : each element of matrix [K] ($i, j = 1-6$)

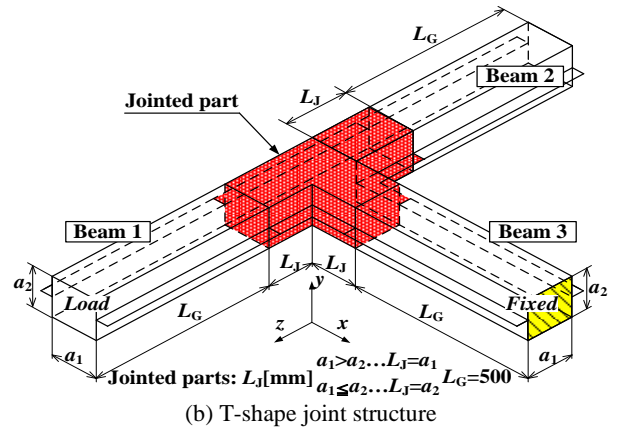
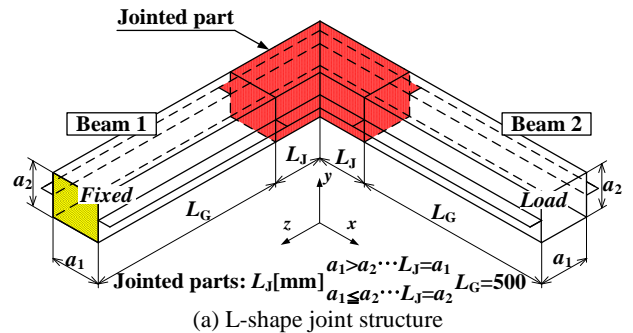


Fig. 1 Joint structure

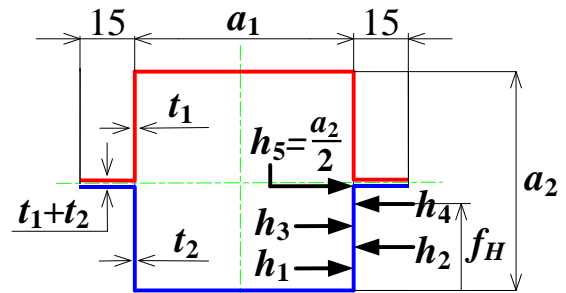


Fig. 2 Height of flange

1) 日本大学理工学部(101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14)

2) 日本大学(101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14)

3. 多項式回帰による結合剛性推定法

断面寸法を設計パラメータとし、設計パラメータから結合剛性値(結合剛性マトリクスの各要素 k_{ij})を3次多項式近似曲線より推定する。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、その範囲を表1に示す。なお推定ツールではフランジ高さ f_H ごと、さらに断面寸法比 a_2/a_1 は「0.5から1.0」と「1.0から2.0」とに分けて作成した。フランジ高さ f_H については2次多項式近似曲線を用いて推定するとして、本手法の推定精度を検証するために、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3969組をFE解析によって準備した。

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]	$a_1 \times (0.5 \sim 1.0)$	0.125
Aspect ratio: a_2/a_1 [-]	0.5~1.0 or 1.0~2.0	0.125
Thickness of upper part: t_1 [mm]	0.6~1.4	0.1
Thickness of lower part: t_2 [mm]	0.6~1.4	0.1
Height of flange: f_H [mm]	$a_2/2/5 \times (1 \sim 5)$	1

Table 2 Design parameters for polynomial curve approximation

	a_1 [mm]	a_2/a_1 [-]	t_1 [mm]	t_2 [mm]
Minimum	30	0.5	0.6	0.6
Middle 1	50	0.67	0.9	0.9
Middle 2	70	0.83	1.1	1.1
Maximum	90	1.0	1.4	1.4

3次多項式近似曲線を作成するあたり、表1の組み合わせの中から、表2に示すように部材断面幅 a_1 、部材断面比 a_2/a_1 、上部板厚 t_1 、下部板厚 t_2 をそれぞれの最小値1つ、中間値2つ、最大値1つの計4つの設計パラメータを選択し、これらのデータの組み合わせ256組のデータを用いた。1つの3次多項式近似曲線は4組のデータを用いる。その他のデータは本推定手法の解の精度を確認するために用いた。3次多項式近似曲線による結合剛性推定手法の概要を図3に示す。

回帰曲線は設計パラメータを説明変数、結合剛性マトリクス要素 k_{ij} を目的変数として以下のように求めた。

- 1) t_2 を説明変数とした $(a_1) \times (a_2/a_1) \times (t_1) = 4 \times 4 \times 4 = 64$ 本の3次多項式回帰曲線を求める。得られた回帰曲線から0.6~1.4mmの範囲内の任意の t_2 (例: $t_2=1.0$ mm)について結合剛性マトリクス要素 k_{ij} を64個推定する。
- 2) 上記1)で得られた推定値64個を用いて、 t_1 を説明変数とした $(a_1) \times (a_2/a_1) = 4 \times 4 = 16$ 本の3次多項式近似曲線を求め、得られた近似曲線から0.6~1.4mmの範囲内の任意の t_1 (例: $t_1=1.0$ mm)について結合剛性マトリクス要素 k_{ij} を16個推定する。
- 3) 上記2)で得られた推定値16個を用いて、 a_2/a_1 を説明変数とした $(a_1)=4$ 本の3次多項式近似曲線を求め、得られた近

似曲線から0.5~1.0の範囲内の任意の a_2/a_1 (例: $a_2/a_1=0.75$)について結合剛性マトリクス要素 k_{ij} を4個推定する。

- 4) 最後に上記3)で得られた推定値4個を用いて、 a_1 を説明変数とした1本の2次および3次多項式近似曲線を求める。この近似曲線から30~90の範囲内の任意の a_1 (例: $a_1=60$ mm)について結合剛性マトリクス要素 k_{ij} が1つ求まる。

本手法の近似曲線の次数を検討する上で、2次多項式近似曲線とした場合の推定値も求め、また一般的に使用される重回帰分析による推定値も3次の多項式を用いて求めた。

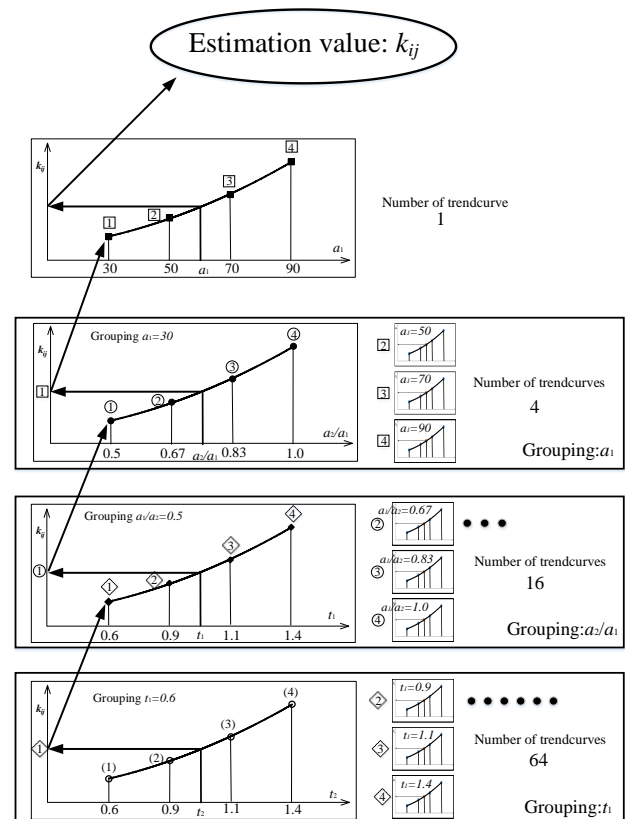


Fig. 3 Joint stiffness estimation method

4. L形結合部材の結合剛性値推定結果

図4にL形結合部材のフランジ高さ $f_H=h_3$ とし、部材断面比 a_2/a_1 が0.5~1.0の場合の本手法の3次および2次多項式近似曲線による推定値の誤差分布と、一般的な重回帰分析による推定値の誤差分布を示す。3次多項式近似曲線の推定値では誤差5%以内が97.3%となり、2次多項式近似曲線での推定値では誤差5%以内が82.3%となった。また一般的な重回帰分析では誤差5%以内の推定値が60.6%であった。

図5にL形結合部材のフランジ高さ $f_H=h_3$ とし、部材断面比 a_2/a_1 が1.0~2.0の場合の誤差分布を示す。3次多項式近似曲線での推定値は誤差5%以内が92.3%となり、2次多項式近似曲線での推定値は誤差5%以内が83.7%となった。また重回帰分析では誤差5%以内が60.3%であった。

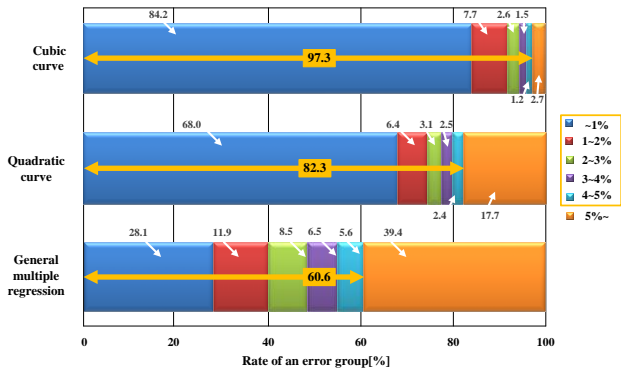


Fig. 4 Error distribution of L-shape (Aspect ratio 0.5~1.0, $f_H=h_3$)

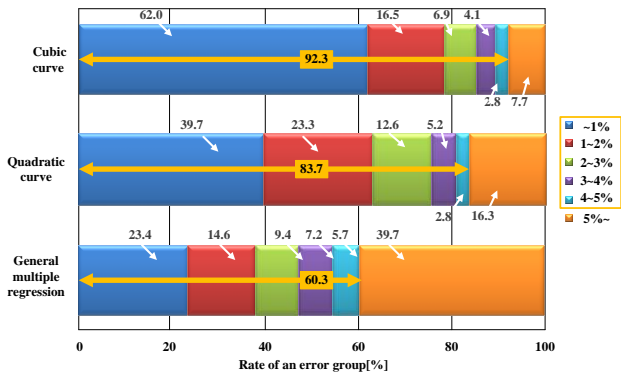


Fig. 5 Error distribution of L-shape (Aspect ratio 1.0~2.0, $f_H=h_3$)

図4, 5より, 誤差1%以内の推定値を比較しても, 3次多項式近似曲線による推定手法の方が, 2次多項式近似曲線による推定手法より精度がよく, さらに一般的な重回帰分析による推定値より, 2次および3次多項式近似曲線による推定手法の方が精度よく結合剛性値を得られることが分かった。

L形結合部材のフランジ高さ f_H を h_1, h_5 についても, $f_H=h_3$ のときと同様な推定値誤差分布となった。

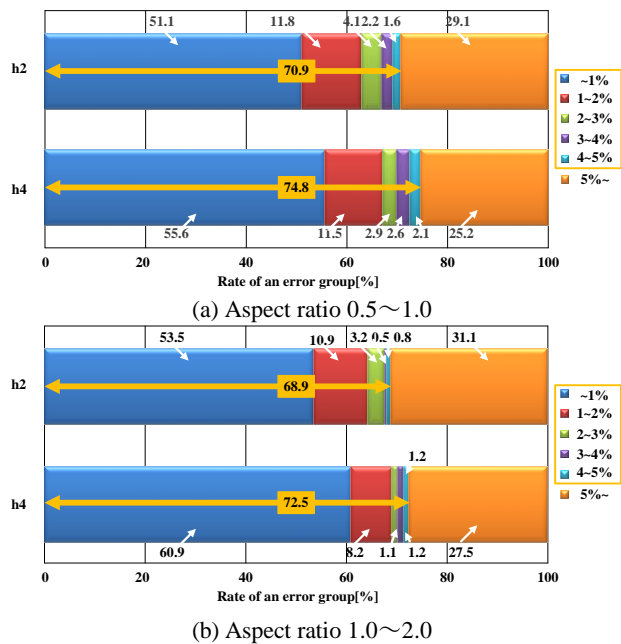


Fig. 6 Error distribution of L-shape ($f_H=h_2, f_H=h_4$)

図6に, フランジ高さ $f_H=h_1, h_3, h_5$ の推定値からフランジ高さ $f_H=h_2, h_4$ の推定値を2次多項式近似により求めた誤差分布を示す。

図6(a)の断面寸法比 $a_2/a_1=0.5\sim 1.0$, フランジ h_2 における誤差5%以上の結合剛性推定値(図6(a)の29.1%部分)において検討した結果を以下に示す。表3に結合剛性マトリクスの推定誤差で分けたデータ数をマトリクス要素ごとに示す。なお結合剛性マトリクスは相反定理により対称マトリクスとなり, また剛体回転に対する不変性より, L形結合部材の場合は独立なマトリクス要素が表3に示す6つとなる。表3より $k_{11}, k_{13}, k_{22}, k_{33}$ については精度よく推定でき, k_{12} と k_{23} については推定誤差が大きいと分かる。また図7に k_{12} と k_{23} の中で最大誤差を生じたL形結合部材($a_1=30[\text{mm}]$, $a_2/a_1=0.5$, $t_1=0.9[\text{mm}]$, $t_2=0.6[\text{mm}]$)の各マトリクス要素値(正解値)を示す。図8より k_{12} と k_{23} は他の要素に比べ, とても小さな値であることが分かる。つまり表3で示した推定誤差が大きい k_{12} と k_{23} は, 結合剛性マトリクスでは影響が小さく誤差が大きくても問題ないと言える。図8(a)に k_{11} と k_{12} の推定値を正解値との比較を示す。図8(a)からも k_{11} に比べ結合剛性値が小さな値であることが分かる。図8(b)に k_{12} のみの推定値と正解値との比較を示す。図8(b)より k_{12} の推定値はおおよそ正解値と一致していることが分かる。 k_{23} についても k_{12} と同様な傾向となることを確認した。

フランジ高さ $f_H=h_4$ の構造においても, 上述と同様な傾向を示した。

Table 3 Number of estimated data by error range (L-shape)

Error Er	k_{11}	k_{12}	k_{13}	k_{22}	k_{23}	k_{33}
$Er < 1\%$	3864	41	3829	1074	37	3893
$1\% \leq Er < 2\%$	95	41	127	2231	32	73
$2\% \leq Er < 3\%$	8	39	10	651	45	3
$3\% \leq Er < 4\%$	2	57	3	13	51	0
$4\% \leq Er < 5\%$	0	92	0	0	107	0
$5\% \leq Er$	0	3699	0	0	3697	0

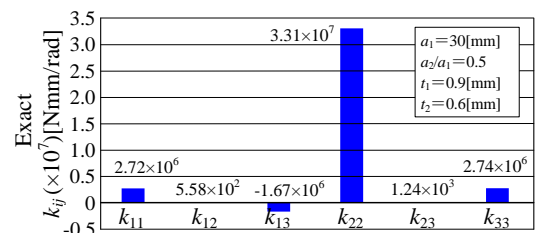
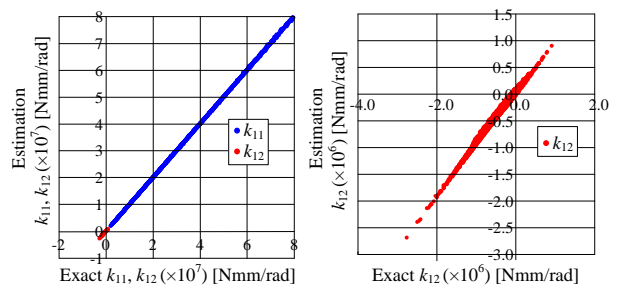


Fig. 7 Values of joint stiffness matrix



(a) k_{12} and k_{11}

(b) k_{12}

Fig. 8 Estimated values and exact values

以上のことより、本手法を用いて設計パラメータから結合剛性値を精度良く推定できることが分かった。

図3に示した本手法の説明変数の順序を変えて推定値を求めた結果を表4に示す。表4に示すとおり説明変数の順序を変えても最終的に推定して得られる結合剛性値は全く同じ値となることを確認できた。

Table 4 Output values by changing the estimating turn ($a_1=30[\text{mm}]$, $a_2/a_1=0.58[-]$, $t_1=0.6[\text{mm}]$, $t_2=0.6[\text{mm}]$)

Estimating turn 1st→2nd→3rd→4th	Estimated value k_{11} [Nmm/rad]	Error [%]
$(a_1) \rightarrow (t_1) \rightarrow (t_2) \rightarrow (a_2/a_1)$	2.422133×10^6	0.009
$(t_1) \rightarrow (t_2) \rightarrow (a_1) \rightarrow (a_2/a_1)$	2.422133×10^6	0.009
$(t_2) \rightarrow (a_1) \rightarrow (a_2/a_1) \rightarrow (t_1)$	2.422133×10^6	0.009
$(a_1) \rightarrow (a_2/a_1) \rightarrow (t_1) \rightarrow (t_2)$	2.422133×10^6	0.009
$(a_2/a_1) \rightarrow (t_1) \rightarrow (a_1) \rightarrow (t_2)$	2.422133×10^6	0.009

5. T形結合部材の結合剛性値推定結果

図9, 10にT形結合部材のフランジ高さ $f_H=h_3$ とし、部材断面比 a_2/a_1 が0.5~1.0の場合と部材断面比 a_2/a_1 が1.0~2.0の場合の本手法で得られた3次多項式近似曲線による推定値の誤差分布と、2次多項式近似曲線推定値ならびに一般的な重回帰分析による推定値の誤差分布を示す。図11に、フランジ高さ $f_H=h_1, h_3, h_5$ の推定値からフランジ高さ $f_H=h_2, h_4$ の推定値を2次多項式近似により求めた誤差分布を示す。

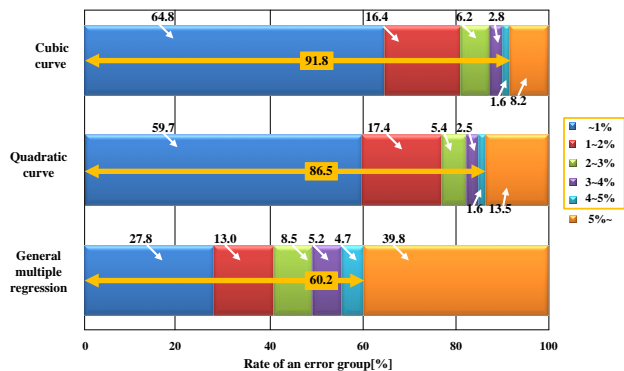


Fig. 9 Error distribution of T-shape (Aspect ratio 0.5~1.0, $f_H=h_3$)

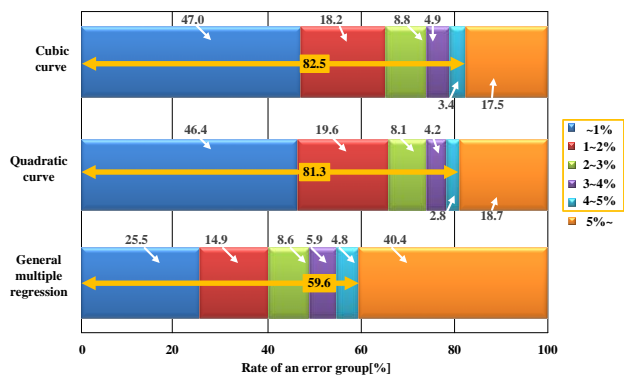


Fig. 10 Error distribution of T-shape (Aspect ratio 1.0~2.0, $f_H=h_3$)

図9, 10, 11に示すようにT形結合部材の場合は、L形結合部材の場合より、推定誤差が若干大きくなることが分かった。また誤差の大きい結合剛性推定値については、L形結合部材のときと同様な傾向となることを確認することができ、これより本手法により十分な精度よく結合剛性値を推定できることが分かった。

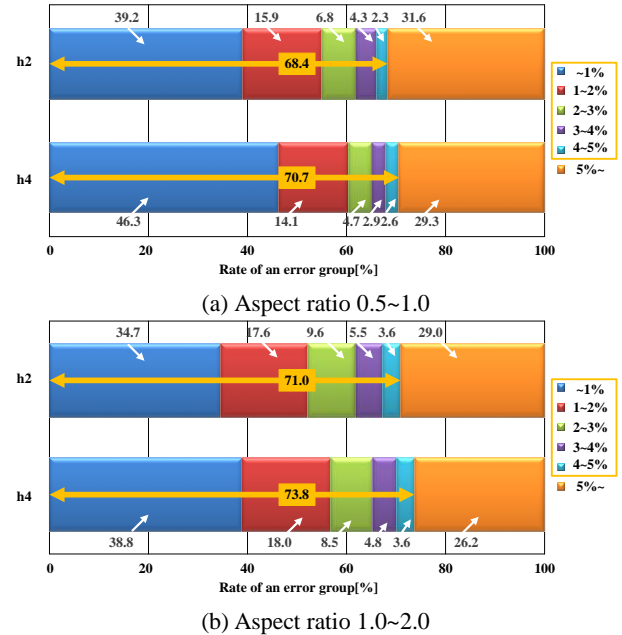


Fig. 11 Error distribution of T-shape ($f_H=h_2, f_H=h_4$)

6. 微分係数の検討

図3の各階層で求めた3次多項式は、その階層の設計パラメータで微分することで微分係数を算出することができる。そこで設計パラメータ a_1 に対する結合剛性マトリクス要素 k_{11} の微分係数 $\partial k_{11}/\partial a_1$ について以下の比較検討を行った。なお他の設計パラメータは一定とした($a_2/a_1=1.0[-]$, $t_1=1.4[\text{mm}]$, $t_2=1.4[\text{mm}]$)。

図3の推定法は、各階層順序を任意に変更できるため、設計パラメータ a_1 の階層順序を変化させて $\partial k_{11}/\partial a_1$ を算出した。表5に示すようにどの階層順序でも $\partial k_{11}/\partial a_1$ は同じ値を得ることができた。

図3の推定法は、2点の設計パラメータ値と結合剛性値から平均変化率 $\Delta k_{11}/\Delta a_1$ を得ることができる。そこで $a_1=50.1[\text{mm}]$ と $a_1=50[\text{mm}]$ の結合剛性値から $\Delta k_{11}/\Delta a_1$ を算出した。表2に示すようにどの階層順序でも平均変化率 $\Delta k_{11}/\Delta a_1$ は $a_1=50.05[\text{mm}]$ の微分係数 $\partial k_{11}/\partial a_1$ とほぼ同じ値となった。

次に、あるT形の結合部構造を対象とし、各設計パラメータの微分係数を求めた。一例として、 $a_1=50[\text{mm}]$, $a_2=37.5[\text{mm}]$, $t_1=0.7[\text{mm}]$, $t_2=0.7[\text{mm}]$ として、それぞれの微分係数を求めた。 $\partial k_{11}/\partial a_1=2.01 \times 10^6$, $\partial k_{11}/\partial a_2=1.52 \times 10^8$, $\partial k_{11}/\partial t_1=4.63 \times 10^7$, $\partial k_{11}/\partial t_2=3.02 \times 10^7$ となった。この結果より、この結合部構造では設計パラメータ a_2 がもっとも結合剛性値 k_{11} に影響を及ぼすことが分かる。

Table 5 Comparison of differential coefficient

$$a_2/a_1=1.0[-], t_1=1.4[\text{mm}], t_2=1.4[\text{mm}]$$

$$1:[a_1] \rightarrow (a_2/a_1) \rightarrow (t_1) \rightarrow (t_2), \quad 2:(a_2/a_1) \rightarrow [a_1] \rightarrow (t_1) \rightarrow (t_2)$$

$$3:(a_2/a_1) \rightarrow (t_1) \rightarrow [a_1] \rightarrow (t_2), \quad 4:(a_2/a_1) \rightarrow (t_1) \rightarrow (t_2) \rightarrow [a_1]$$

(a) L-shape

Estimating turn	Differential coefficient [-]	Average rate of change [-]			Error [%]
		Joint stiffness[Nmm/rad]		Average rate of change	
	$a_1=50.05[\text{mm}]$	$a_1=50[\text{mm}]$	$a_1=50.1[\text{mm}]$		
1	2141600.177	51237888.23	51452048.26	2141600.27	0.000004
2	2141600.177	51237888.23	51452048.26	2141600.27	0.000004
3	2141600.177	51237888.23	51452048.26	2141600.27	0.000004
4	2141600.177	51237888.23	51452048.26	2141600.27	0.000004

(b) T-shape

Estimating turn	Differential coefficient [-]	Average rate of change [-]			Error [%]
		Joint stiffness[Nmm/rad]		Average rate of change	
	$a_1=50.05[\text{mm}]$	$a_1=50[\text{mm}]$	$a_1=50.1[\text{mm}]$		
1	7956103.229	193306025.9	194101635.9	7956100.526	0.000034
2	7956103.229	193306025.9	194101635.9	7956100.526	0.000034
3	7956103.229	193306025.9	194101635.9	7956100.526	0.000034
4	7956103.229	193306025.9	194101635.9	7956100.526	0.000034

7. 結合剛性値を満たす設計パラメータの推定

前述第3章で示した近似曲線を用いた推定法で得られるL型の結合剛性値から各設計パラメータの推定する手法を検討した。ここでは結合剛性値は、結合剛性マトリクス対角要素 k_{11}, k_{22}, k_{33} とした。また設計パラメータと結合剛性値との対のデータは、表1のデータ数とし、 a_2/a_1 を7つ(0.5, 0.583, 0.667, 0.75, 0.833, 0.917, 1.0), t_1, t_2 を9つ(0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4), a_1 を7つ(30, 40, 50, 60, 70, 80, 90)とし、 $(a_2/a_1) \times (t_1) \times (t_2) \times (a_1) = 7 \times 9 \times 9 \times 7 = 3969$ 組のデータを用いるとする。これらデータは前述第3章の結合剛性推定法(推定ツール)から瞬時に得ることができる。本研究で示す設計パラメータ推定法は、ある一つの設計パラメータは任意の値で推定できるが、その他の設計パラメータは準備したデータ値となる。つまりその他の設計パラメータでデータをカテゴライズすることを意味する。このことから準備するデータを3969組と多くのデータを用いることとした。以下に表6に示す結合剛性値を満たす設計パラメータを推定する手法について、その流れを示す。

- 1) 表1の設計パラメータから3969組の結合剛性値を多項式近似曲線による推定法(第3章)より準備する。準備した設計パラメータと結合剛性値の組み合わせのデータは、設計パラメータ順序を $(a_2/a_1) \rightarrow (t_1) \rightarrow (t_2) \rightarrow (a_1)$ の昇順で並べるものとする。
- 2) 入力値である結合剛性値 $k_{11}=2.4 \times 10^7$ が、上記1)で準備した結合剛性値 k_{11} のデータの2点間の値であるとき、その2点の設計パラメータ a_1 と結合剛性値 k_{11} のデータを抽出する。抽出した2点の結合剛性値と設計パラメータで得られる直線補間式から、結合剛性値 $k_{11}=2.4 \times 10^7$ と一致する設計パラメータを得る。
- 3) 2)と同様に結合剛性値 k_{22}, k_{33} についても結合剛性値 $k_{22}=1.0 \times 10^8, k_{33}=2.4 \times 10^7$ としたときの設計パラメータを

それぞれ得る。ここで結合剛性値 k_{11}, k_{22}, k_{33} から得られた設計パラメータ(ここでは a_1)は、異なった値となる。

- 4) 結合剛性値 k_{11}, k_{22}, k_{33} について上記3)で得られた設計パラメータの a_1 は異なった値となるため、設計パラメータ a_1 については、平均をとった値とする。
- 5) 得られた設計パラメータから第3章の結合剛性推定法(推定ツール)を用いて推定した結合剛性値 k_{11}, k_{22}, k_{33} を求め、入力値である結合剛性値 k_{11}, k_{22}, k_{33} と比較し、誤差1%未満のときのみの設計パラメータを抽出し、これを推定値とする。
- 6) 設計パラメータ順序が $(t_2) \rightarrow (a_1) \rightarrow (a_2/a_1) \rightarrow (t_1)$, $(a_1) \rightarrow (a_2/a_1) \rightarrow (t_1) \rightarrow (t_2)$, $(t_1) \rightarrow (t_2) \rightarrow (a_1) \rightarrow (a_2/a_1)$ のときも同様に1)~6)の手順を行う。

上記1)から6)までの流れで得られた各設計パラメータを表7に示す。表7は表6の結合剛性値をもつ結合部構造を示している。設計パラメータ順序が $(a_1) \rightarrow (a_2/a_1) \rightarrow (t_1) \rightarrow (t_2)$, $(t_1) \rightarrow (t_2) \rightarrow (a_1) \rightarrow (a_2/a_1)$ のときは、表6を満たす設計パラメータの結合部構造は存在せず、表7(a)(b)に示すように設計パラメータ順序が $(a_2/a_1) \rightarrow (t_1) \rightarrow (t_2) \rightarrow (a_1)$ と $(t_2) \rightarrow (a_1) \rightarrow (a_2/a_1) \rightarrow (t_1)$ から得られた結合部構造となった。表7(a)と(b)を比較すると、表7(b)の設計パラメータの結合部構造は、表7(a)の一番上と、下の2つとほぼ同じ構造となっていることが確認できる。

Table 6 Joint stiffness values for input data

	k_{11}	k_{22}	k_{33}
Joint stiffness [Nmm/rad]	2.40×10^7	1.00×10^8	2.40×10^7

Table 7 Design parameters of output data

(a) Estimated design parameters $(a_2/a_1) \rightarrow (t_1) \rightarrow (t_2) \rightarrow (a_1)$

Design parameters				Error [%]		
a_2/a_1 [-]	t_1 [mm]	t_2 [mm]	a_1 [mm]	k_{11}	k_{22}	k_{33}
0.667	0.70	0.7	68.9	0.15	0.99	0.42
0.667	0.80	0.7	65.8	0.63	0.67	0.44
0.667	1.00	0.6	63.1	0.62	0.51	0.52
0.667	1.10	0.6	61.1	0.92	0.69	0.85
0.750	0.60	1.1	61.6	0.18	0.84	0.07
0.750	1.10	1.1	49.5	0.02	0.39	0.03

(b) Estimated design parameters $(t_2) \rightarrow (a_1) \rightarrow (a_2/a_1) \rightarrow (t_1)$

Design parameters				Error [%]		
t_2 [mm]	a_1 [mm]	a_2/a_1 [-]	t_1 [mm]	k_{11}	k_{22}	k_{33}
0.7	70	0.667	0.669	0.49	0.97	0.80
1.1	50	0.750	1.075	0.29	0.40	0.29
1.1	60	0.750	0.654	0.66	0.86	0.87

また表8に示すように、設計パラメータ順序が3: $(a_1) \rightarrow (a_2/a_1) \rightarrow (t_1) \rightarrow (t_2)$, 4: $(t_1) \rightarrow (t_2) \rightarrow (a_1) \rightarrow (a_2/a_1)$ のときは、上記、設計パラメータ推定手法の流れの5)の中で、誤差を5%未

満とすることで、3: $(a_1) \rightarrow (a_2/a_1) \rightarrow (t_1) \rightarrow (t_2)$ については、4つ、4: $(t_1) \rightarrow (t_2) \rightarrow (a_1) \rightarrow (a_2/a_1)$ のときは2つの構造を推定することができる。なお、1: $(a_2/a_1) \rightarrow (t_1) \rightarrow (t_2) \rightarrow (a_1)$ は84つと多くの結合部構造が推定される理由は、設計パラメータ $(a_2/a_1) \rightarrow (t_1) \rightarrow (t_2)$ でカテゴリズされたデータ内に、表6で示された結合剛性値が多く存在したためである。

Table 8 Number of estimated data by error range

1: $(a_2/a_1) \rightarrow (t_1) \rightarrow (t_2) \rightarrow (a_1)$, 2: $(t_2) \rightarrow (a_1) \rightarrow (a_2/a_1) \rightarrow (t_1)$

3: $(a_1) \rightarrow (a_2/a_1) \rightarrow (t_1) \rightarrow (t_2)$, 4: $(t_1) \rightarrow (t_2) \rightarrow (a_1) \rightarrow (a_2/a_1)$

Estimating turn	Error<1%	Error<2%	Error<3%	Error<4%	Error<5%
1	6	28	47	66	84
2	3	5	8	9	9
3	0	2	4	4	4
4	0	1	1	2	2

8. 結 言

薄肉箱形断面部材からなるL形とT形結合部材を対象として、設計パラメータから、多項式回帰による近似曲線を用いて結合剛性値を推定する手法について検討した。また、本推定法を用いて得られる設計パラメータに対する結合剛性値の微分係数について検討し、さらに、本推定法を用いた結

合剛性値からの設計パラメータ推定法を検討した。主な結果を以下に示す。

- (1) 3次の多項式近似曲線を用いて設計パラメータから、結合剛性値を精度よく推定できることを示した。
- (2) 3次の多項式近似曲線を用いた結合剛性推定法は、微分係数を容易に得ることができる。
- (3) 結合剛性推定法を用いて、結合剛性値を満たす設計パラメータの結合部構造を推定することができる。

参 考 文 献

- (1) 新四原, 廣瀬, 岡部, 富岡: 開発初期段階で利用するスポット溶接部材の静剛性と結合剛性を考慮した骨組構造解析手法, 自動車技術会論文集, No.38, vol 3, p.5-10 (2007)
- (2) Y. Sato, A. Okabe, N. Tomioka, T. Hirose: Estimating Design Parameters of Jointed Part using Neural Network, COMPUTATIONAL MECHANICS, WCCM VI in conjunction with APCO- M'04, CD-ROM (2004)
- (3) 下牧他 9 名, 自動車技術会論文集, No.43, p.138-142 (1990)