平成 28 年度 日本大学理工学部 学術講演会予稿集

# 多項式回帰による車体構造の結合剛性値推定法 ---設計パラメータに対する結合剛性の微分係数---

# Joint Stiffness Estimation Method of Body Structure using Polynomial Regression - Differential coefficient of the joint stiffness with respect to a design parameter -

○志村 圭介1 石井 將大1 鶴巻 駿1 岡部 顕史2 冨岡 昇2

Keisuke Shimura Masahiro Ishii Takashi Turumaki Akifumi Okabe Noboru Tomioka

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, the differential coefficient of the joint stiffness with respect to a design parameter was researched. As a result, it was shown that the differential coefficient can be obtained easily.

## 1. 緒 言

車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 計段階において役立つと考えられる<sup>(1)(2)</sup>.

薄肉箱形断面部材からなる 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 3 次の近似曲線を用いて結合剛 性値を推定する手法が提案した.

本研究ではこの結合剛性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について検 討する.

#### 2. 結合部構造と結合剛性の定義

図 1 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 T 形結合部 材を対象とする.



Fig. 1 T-shape joint structure

T形結合部材の結合部は同一座標値を持つ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[K<sub>ii</sub>]と呼ぶ<sup>(3)</sup>.

1:日大理工・学部・機械 2:日大理工・教員・機械

#### 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 $t_2$ とし, 表 1 の設計パラメータにおける組み合わせに対する結 合剛性値との対のデータ256組をFE解析によって準備 した.なおフランジ高さは $f_H = h_1 = a_2/10$ (一定)とした.

Table 1 Design parameters for polynomial curve approximation

	$a_1$ [mm]	$a_2/a_1[-]$	<i>t</i> <sub>1</sub> [mm]	<i>t</i> <sub>2</sub> [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 次多項式近似曲線による結合剛性推定手法の概要 を図2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<sub>ij</sub>を目的変数として以下のように求めた. t<sub>2</sub>を説明変数とした(a<sub>1</sub>)×(a<sub>2</sub>/ a<sub>1</sub>)×(t<sub>1</sub>)=4×4×4=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任 意のt<sub>2</sub>について結合剛性マトリクス要素 k<sub>ij</sub>を 64 個推定 する.得られた推定値 64 個を用いて,t<sub>1</sub>を説明変数と

9 る. 侍られた推定値 64 個を用いて、 $f_1$  を説明変数を した $(a_1)$ × $(a_2/a_1)$  =4×4=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任意の $t_1$ について結合剛性 マトリクス要素 $k_{ij}$ を16 個推定する.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任意の $a_2/a_1$ について結合剛性マトリクス要素 $k_{ij}$ を4 個推定する. 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 似曲線から任意の $a_1$ について結合剛性マトリクス要素 *kij*が1つ求まる.

本手法では説明変数順序を変更しても、全く同じ値 の結合剛性値を精度良く得られることが確認できてい る.





#### 4. 微分係数の検討

図2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2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2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 2 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  $a_1=50.1$ [mm]と $a_1=50$ [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 $a_1=50.05$ [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、 $a_1=50$  [mm],  $a_2=37.5$ [mm],  $t_1=0.7$ [mm],  $t_2=0.7$ [mm]として、それぞれの を微分係数求めた.  $\partial k_{11}/\partial a_1=2.01\times 10^6$ ,  $\partial k_{11}/\partial a_2=1.52$ ×10<sup>8</sup>、 $\partial k_{11}/\partial t_1=4.63\times 10^7$ ,  $\partial k_{11}/\partial t_2=3.02\times 10^7$ となり、 この結合部構造では設計パラメータ $a_2$ が結合剛性値 $k_{11}$ に影響を及ぼすことが分かった.

**Table 2** Comparison of differential coefficient  $a_2/a_1=1.0[-], t_1=1.4[\text{mm}], t_2=1.4[\text{mm}]$   $1:[a_1] \rightarrow (a_2/a_1) \rightarrow (t_1) \rightarrow (t_2), \quad 2:(a_2/a_1) \rightarrow [a_1] \rightarrow (t_1) \rightarrow (t_2)$  $3:(a_2/a_1) \rightarrow (t_1) \rightarrow [a_1] \rightarrow (t_2), \quad 4:(a_2/a_1) \rightarrow (t_1) \rightarrow (t_2) \rightarrow [a_1]$ 

	/ (-/ L	-1 (-//	( = -/	(-) (-)	L - J
Estimating turn	Differential	Aver			
	coefficient [-]	Joint stiffness[Nmm/rad]		Average rate	Error [%]
	a 1=50.05[mm]	a 1=50[mm]	a 1=50.1[mm]	of change	
1	7956103.229	193306026	194101635.9	7956100.526	0.000034
2	7956103.229	193306026	194101635.9	7956100.526	0.000034
3	7956103.229	193306026	194101635.9	7956100.526	0.000034
4	7956103.229	193306026	194101635.9	7956100.526	0.000034

## 5. 結 言

T形結合部材を対象とし、3 次多項式近似曲線から 結合剛性値を推定する手法を用いて、設計パラメータ に対する結合剛性の微分係数について検討した.

本手法を用いて,各設計パラメータの微分係数を得 ることができ,また,説明変数の順序が変わっても同 じ値の微分係数を算出できることを示した.

### 参考文献

- (1) 新四原,廣瀬,岡部,冨岡: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, COMPUTATI- ONAL 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)