

第 I 部門

溶接継手の形状パラメータおよび応力集中係数の自動評価システム

大阪大学大学院工学研究科 学生員 小川 太希
大阪大学大学院工学研究科 正会員 堤 成一郎

1. 緒言

応力集中は疲労性能に大きな影響を与えることが知られており¹⁾、実測形状に対する FEM 解析により、任意形状の応力集中を評価可能であるが、相応の計算コストを要する。そこで、公称応力と局所最大応力の比で定義される応力集中係数(以降 K_t)を簡易に推定可能な式が複数提案されている²⁾。式に溶接表面形状パラメータを推定式に代入することで K_t が算出可能であり、余盛形状をスプライン曲線と仮定することで実形状との乖離を小さくした高精度な推定式も提案されている³⁾。一方、橋梁の接合部の止端形状を対象に、レプリカ法を用いて止端半径を計測した先行研究では、計測結果が計測者によって大きく異なることが報告されており、形状パラメータを一意に決定可能な手法の確立が望まれている。また、近年の形状計測技術の発展も相まって、形状情報取得の簡易化、高精度化が進んでおり、止端半径などの特定のパラメータ取得が行われている。しかしながら、 K_t を高精度に求めるうえで重要な余盛凸部を含む全ての形状パラメータを統一的に捕捉可能な手法は、著者⁵⁾による基礎的な検討が一部行われているものの未だ見当たらない。そこで本研究では、溶接継手の形状と応力集中係数を自動評価可能なシステムの開発を目的として、溶接継手の全て

の形状パラメータを一意かつ高精度・高効率に決定するとともに、応力集中係数まで自動評価可能なシステムの開発を行った。

2. 評価対象及び形状パラメータの評価フロー

本研究では、実継手の二次元断面形状データを対象として形状パラメータの自動決定を行った。表面形状データには 3D 形状測定機から得られた二次元断面形状データを用いた。表面形状パラメータの定義を Fig. 1 に、用いる自動決定手法の評価フローを Fig. 2 に示す。

提案手法では、評価対象形状を 9 つの接続点を通る直線、円弧、スプライン曲線の 3 種類の関数の組み合わせによって表現する。前述した 9 つの接続点のうち円弧とスプライン曲線を形成する 4 点を変動させて多数の予想形状を取得する。そして、対象評価形状と予測形状との距離に関する誤差指標 D を式(1)により計算する。

$$D = \frac{\sum d_{left}}{n_{left}} + \frac{\sum d_{spline}}{n_{spline}} + \frac{\sum d_{right}}{n_{right}} \quad (1)$$

全組み合わせの中で D が最小となったものを最適形状として決定する。そこからすべての形状パラメータを取得するとともに、得られたパラメータを評価式に代入することにより K_t を算出する。

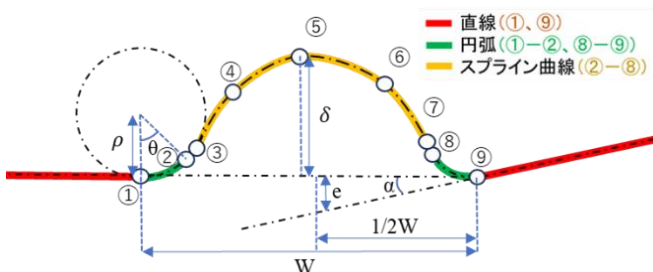


Fig.1 Geometrical parameters of weld bead

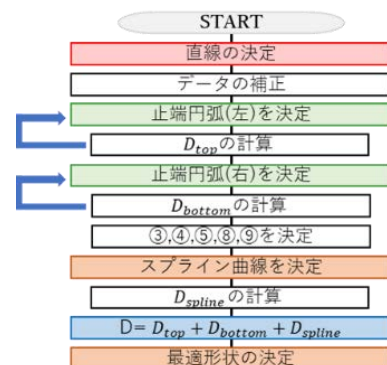


Fig.2 Assessment flow

Table. 1 Predicted weld parameters and relative error

Model		Toe radius: ρ (mm)		Flank angle: θ (deg.)		Width: W (mm)	Height: δ (mm)	Angle: α (deg.)	Misalign.: e (mm)
		left	right	left	right				
1	Idealized Geometry	1.0	1.0	15.5	15.5	32.0	2.3	1.0	0.0
	Relative Error (%)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.7
2	Idealized Geometry	1.0	0.5	15.5	15.5	32.0	2.3	1.0	0.0
	Relative Error (%)	2.3	0.3	1.2	1.3	0.0	0.0	0.0	0.7
3	Idealized Geometry	1.0	1.0	15.5	15.5	32.0	2.3	1.0	0.3
	Relative Error (%)	0.2	2.3	0.1	1.8	0.0	0.0	0.0	0.3
4	Idealized Geometry	1.0	1.0	15.5	15.5	32.0	2.3	1.0	0.6
	Relative Error (%)	2.2	2.2	1.1	1.2	0.0	0.0	0.0	1.2
5	Idealized Geometry	1.0	1.0	15.5	15.5	32.0	2.3	1.0	1.0
	Relative Error (%)	0.4	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.7
6	Idealized Geometry	1.0	0.5	15.5	15.5	32.0	2.3	1.0	1.0
	Relative Error (%)	0.4	0.4	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.7
7	Idealized Geometry	1.0	1.0	15.5	15.5	32.0	2.3	-1.0	1.0
	Relative Error (%)	0.4	2.2	0.1	1.2	0.0	0.0	0.0	0.7
8	Idealized Geometry	1.0	1.0	25.5	25.5	32.0	2.3	1.0	1.0
	Relative Error (%)	0.8	1	2.7	1.8	0.0	0.0	0.0	0.7
9	Idealized Geometry	1.0	1.0	25.5	25.5	32.0	2.3	1.0	0.0
	Relative Error (%)	0.1	0.1	2.2	2.2	0.0	0.0	0.0	0.7
10	Idealized Geometry	0.5	0.5	15.5	15.5	32.0	2.3	1.0	0.0
	Relative Error (%)	0.3	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.6

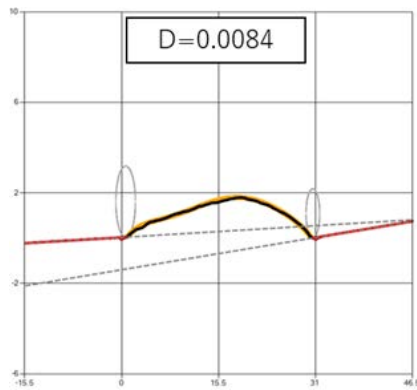


Fig.3 Comparison of shape data and functions

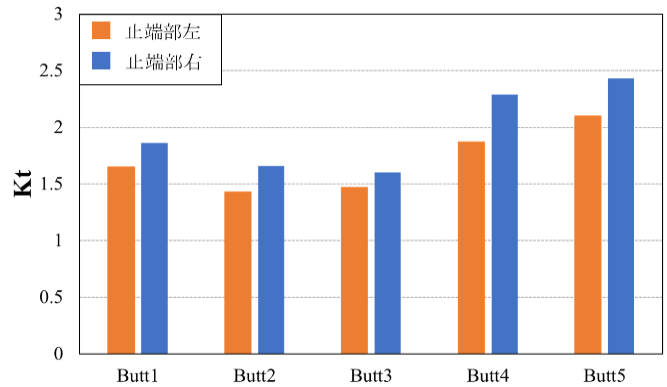


Fig.4 Kt measurement results

3. 解析結果と考察

突合せ継手を模した表面形状を有する理想モデル（10 ケース）の形状パラメータと提案手法による予測結果との相対誤差を併せて Table. 1 に示す。止端半径やフランク角など、何れの形状パラメータも高い精度で予測された。

次に、異なる 5 つの継手の中央断面の表面形状を対象に提案手法による評価を行い、手動計測結果との比較を行った。提案手法から得られた Kt を Fig.4 に纏めて示す。その結果、多くの場合で提案手法は手動計測と同等もしくは小さめの止端半径が得られたことから、本手法を用いて Kt を評価する場合、安全側の評価結果を与えることが示された。

4. 結言

本研究では、溶接継手の形状パラメータを一にかつ高精度・高効率に自動評価可能なシステムの開発を行った。提案手法は、継手表面

の形状データを三種類の関数を用いて表現することで形状パラメータを求めることが可能であり、得られた形状パラメータから Kt を自動的に算出可能である。理想モデルによる精度検証では、形状パラメータの計測精度が非常に高いこと、手動計測結果との比較では止端半径をほぼ同等、もしくは小さめに評価可能なことを確認した。

参考文献

- 1) 日本材料学会：疲労設計便覧，株式会社養賢堂，1995.
- 2) 藤崎ほか：溶接継手の応力集中係数に及ぼす余盛形状因子と溶接条件の影響，材料，39,446,1533, 1990
- 3) Luo ほか： Parametric Formulae for Elastic Stress Concentration Factor at the Weld Toe of Distorted Butt-welded Joints, Materials, 13,169,2020
- 4) 堤ほか：溶接継手の表面形状パラメータ自動決定手法，土木学会講演概要，2020.9