

I - 243

荷重非伝達十字溶接継手止端部の応力集中係数の算定式

名城大学 正 員 近藤 明雅
名城大学 学生員 塚本 勝巳

1. まえがき

すみ肉溶接継手の疲労強度は、溶接止端部の応力集中の影響を受ける。この応力集中には、止端部の止端形状（止端半径、止端角）、すみ肉溶接の脚長、主板板厚およびリブ板厚等が関与する。本研究は、FEM解析により、荷重非伝達十字すみ肉溶接継手止端部の応力集中を算定し、各種要因が応力集中におよぼす影響をパラメトリックに検討し、応力集中係数の算定式を提案するものである。

2. FEM解析結果

FEM解析における最小要素寸法は 0.13mm とし、解析モデルの形状寸法を図1に示す。解析は 19 シリーズ、104 モデルについて行なった。解析結果の一部を表1に示す。ここに、応力集中係数は、最大主応力を母材の平均応力で除した値である。A, Bシリーズは、止端半径 ρ が応力集中係数におよぼす影響を検討したものであり、図2に示すように、 $(Kt-1)$ と $(hs/\rho-1)$ の関係は、両対数グラフ上で直線近似できる。C, Dシリーズは、主板板厚 t がおよぼす影響を検討したものであり、図3に示すように、パラメータ S/t と hs/ρ とが一定値のDシリーズでは、 $(Kt-1)$ と $(W/t-1)$ の関係は両対数グラフ上で直線となる。また、Fシリーズは、リブ板厚 tp が Kt におよぼす影響を検討したものであり、 $(Kt-1)$ と S/t との関係は片対数グラフ（図4）上で直線近似できる。

表1 FEM解析結果

モデル	寸法 (mm)				パラメータ				Kt_{cal}	Kt_{est}
	No	t	tp	h	ρ	S/t	W/t	h/ ρ		
A	1				3.0			2	1.76	1.75
	2	10	10	6	2.0			3	2.01	2.01
	3				1.0			6	2.49	2.49
	4				0.5			12	3.06	3.08
B	5	20	20	12		2.2	2.2	15	3.32	3.30
	6	40	40	24				30	4.16	4.12
	7	60	60	36				45	4.75	4.72
	8	80	80	48				60	5.23	5.21
	9	120	120	72				90	5.97	6.01
	10	200	200	120				150	7.07	7.22
C	11	6				3.667	3.0	2	1.76	1.75
	12	10				2.2	2.2	3	2.01	2.01
	13	20				1.1	1.6	6	2.49	2.49
	14	30				0.733	1.4	12	3.06	3.08
	15	40				1.95	2.2	15	3.32	3.30
	16	60				1.3	1.8	30	4.16	4.12
D	17	80				0.975	1.6	45	4.75	4.72
	18	120						90	5.97	6.01
	19	200						150	7.07	7.22
	20	300						225	8.54	8.68
	21	400						300	9.52	9.66
	22	500						375	10.50	10.64
E	23	6				2.6	2.2	3	2.01	2.01
	24	10				1.8	1.6	6	2.49	2.49
	25	20				1.1	1.4	12	3.06	3.08
	26	30				0.733	1.4	12	3.06	3.08
	27	40				1.95	2.2	15	3.32	3.30
	28	60				1.3	1.8	30	4.16	4.12
F	29	80				0.975	1.6	45	4.75	4.72
	30	120						90	5.97	6.01
	31	200						150	7.07	7.22
	32	300						225	8.54	8.68
	33	400						300	9.52	9.66
	34	500						375	10.50	10.64

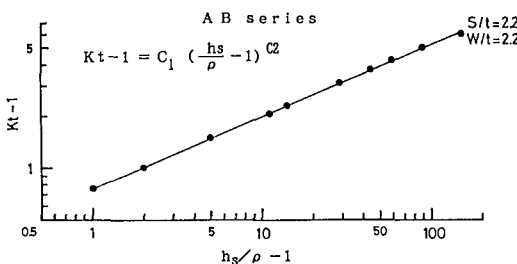
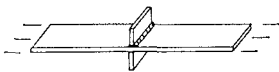
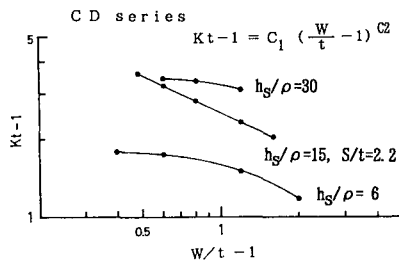
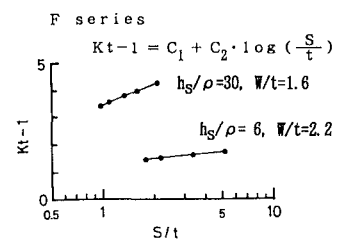
図2 Kt と hs/ρ との関係

図1 十字継手の形状寸法

図3 Kt と W/t との関係図4 Kt と S/t との関係

応力集中係数は、止端角 θ の増加とともに大きくなる。止端角 $\theta=45^\circ$ の K_t を基準として、 θ の変化にともなう K_t の増減の割合（補正係数 f_a 、 $\theta=45^\circ$ のとき $f_a=1$ ）を図5に示す。パラメータ $W/2h_s$ と $S/2h_s$ とともに1.83としたときの例であり、 f_a は h_s/ρ の影響を受ける。図に示されていないが、パラメータ $W/2h_s$ 、 $S/2h_s$ が変化することによっても f_a 値は増減する。

すみ肉溶接の脚長が不等脚長になった場合の結果を図6に示す。横軸は脚長比 h/h_p 、縦軸は補正係数 f_l （ $h=h_p$ のとき $f_l=1$ ）である。 f_l は、主板側の脚長 h_p がリブ側の脚長 h より大きい場合には等脚長に比して小さくなるが、 h が h_p より大きくなっても等脚長の場合と大差ない。 f_l は f_a と同様にパラメータ h_s/ρ 、 $W/2h_s$ 、 $S/2h_s$ の影響を受ける。なお、 h_s とは脚長 h と h_p の小さい方の値である。

3. 応力集中係数の算定式

応力集中係数に影響をおよぼすパラメータを総合的に検討した結果、次のような荷重非伝達十字溶接継手の応力集中の算定式が得られた。

$$K_t = 1 + f_s \cdot f_w \cdot f_r \cdot f_a \cdot f_l$$

$$f_s = 0.688 + 0.441 \cdot \log \left(\frac{S}{t} \right)$$

$$f_w = \left(\frac{W}{t} - 1 \right)^{-b}$$

$$b = 0.0593 \left(\frac{S}{t} + 7.7 \right) \left(\frac{h_s}{\rho} - 1.65 \right)^{-0.88}$$

$$f_r = \left(\frac{h_s}{\rho} - 1 \right)^{0.414}$$

$$f_a = \frac{1 - \exp(-\alpha \cdot \theta)}{1 - \exp(-\alpha \cdot \pi/4)}$$

$$\alpha = 6.326 \left(\frac{W}{2h_s} \right)^{0.094} \left(\frac{S}{2h_s} \right)^{-0.317} \left(\frac{h_s}{\rho} \right)^{-0.312}$$

$$f_l = \frac{1 - \exp(-\beta \cdot h/h_p)}{1 - \exp(-\beta)}$$

$$\beta = 5.798 \left(\frac{W}{2h_s} \right)^{0.549} \left(\frac{S}{2h_s} \right)^{-0.589} \left(\frac{h_s}{\rho} \right)^{-0.115}$$

$$W = t + 2h_s \quad S = t_p + 2h_s$$

$$h_s = \min(h, h_p) \quad \theta : \text{ラジアン}$$

ここに、 f_s は付加物の板厚に関する項、 f_w は主板厚に関する項、 f_r は止端半径に関する項であり、 f_a は止端角に関する補正係数、 f_l は不等脚長に関する補正係数である。

図7にFEMの解析値と上記の算定式より求めた推定値との比較を示す。横軸は解析値 $K_{t,cal}$ 、縦軸は推定値と解析値の比 $K_{t,est}/K_{t,cal}$ であり、推定値と解析値との誤差は3%以内に収まっている。

4. まとめ

荷重非伝達十字すみ肉溶接継手止端部の応力集中係数には、パラメータ h_s/ρ 、 W/t 、 S/t 、 $W/2h_s$ 、 $S/2h_s$ が関与する。これらのパラメータを定量的に解析することにより精度の高い応力集中係数の算定式が得られた。

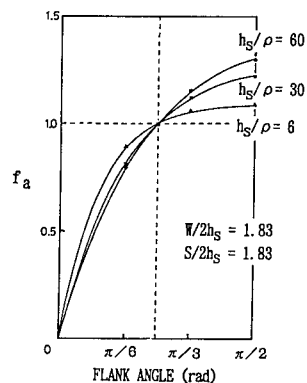


図5 止端角に関する補正係数

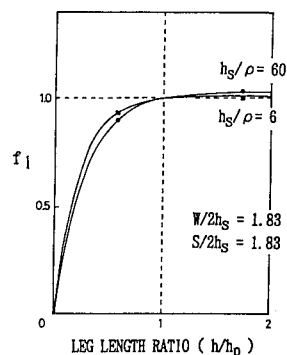


図6 不等脚長に関する補正係数

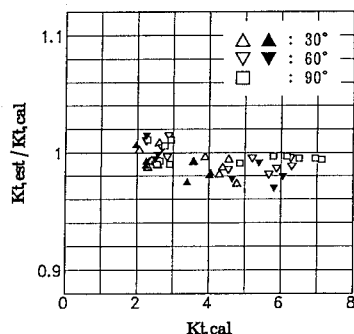
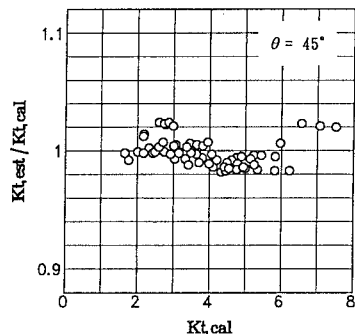


図7 解析値と推定値の比較