

○堤 成一郎¹, 長濱啓和¹, 清川裕樹¹, FINCATO Riccardo¹

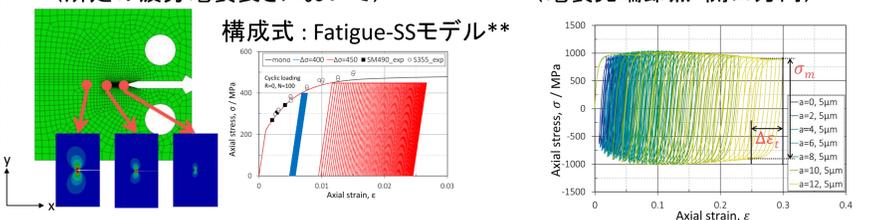
1) 大阪大学 接合科学研究所

BACKGROUND & RESEARCH OBJECTIVE

- 鋼構造物の疲労性能を高精度かつ簡便に評価可能な技術は確立されていない(開発ニーズ&メリットは大きい)
- 局所的な弾塑性応答の予測結果に基づいて疲労亀裂発生段階から伝播までの寿命を評価可能な手法を提案
- これまで検討が行われていない表面亀裂(3次元問題)に対する疲労亀裂伝播寿命の評価&検証を行う

疲労亀裂伝播寿命評価手法*

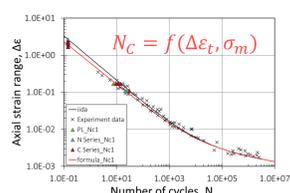
Step① 繰返し弾塑性FE解析 (所定の疲労亀裂長さにおいて) **Step② 応力ひずみ応答抽出** (亀裂先端節点・開口方向)



Step③ 亀裂発生寿命(N_C)算出 (実験データベース活用) (材料強度・平均応力考慮)

$$\frac{\Delta \epsilon_t}{2} \left(\frac{\sigma_w}{\sigma_a} \right) = 0.305 N_C^{-0.580} + 0.00412 N_C^{-0.115}$$

$$\frac{\sigma_a}{\sigma_w} = 1 - 4.1 \times 10^{-4} \sigma_m - 1.6 \times 10^{-7} \sigma_m^2$$

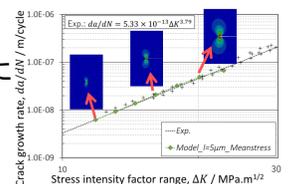


Step④ 亀裂伝播速度(da/dN)算出

亀裂発生連続挙動とし、予測されたN_Cの間にΔa(mm)進むとして伝播速度da/dNを算出

$$da/dN = \Delta a / N_C$$

Δa: N_Cの間に伝播する亀裂長さ(パラメータ)
N_C: 疲労亀裂発生寿命



* Tsutsumi, S., Nagahama, H., Fincato, R.: 局所弾塑性応答に基づく鋼材の疲労亀裂発生および伝播寿命評価, 応用力学論文集, 75-2, p.1_445-1_453, (2019)
** Tsutsumi, S., Fincato, R.: Cyclic plasticity model for fatigue with softening behaviour below macroscopic yielding, Materials & Design, 165, 107573, 2019.

CT試験に対する検討(パラメータ同定)*

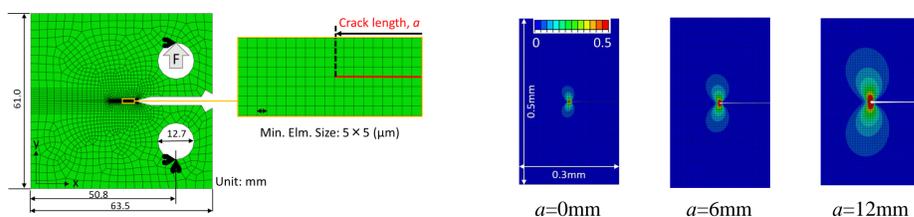


Fig. FE model and boundary conditions

Fig. Distribution of cumulative plastic strain

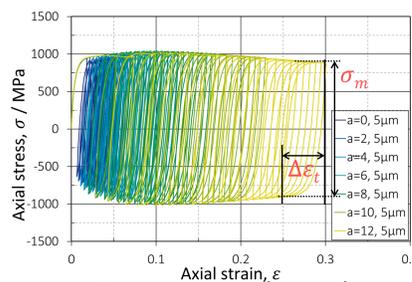


Fig. Stress-strain relationship

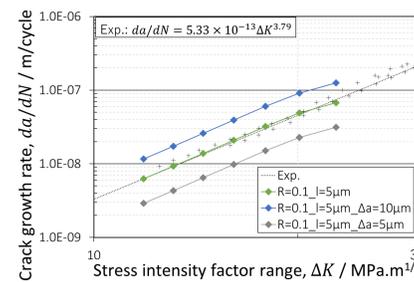


Fig. Relationship between da/dN and ΔK

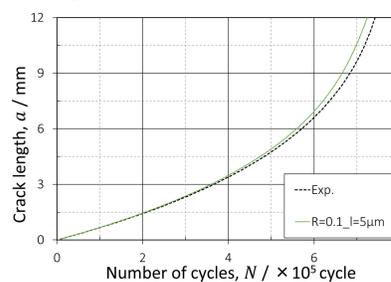


Fig. Relationship between crack length and number of cycles

実験結果との照査により
パラメータΔaを同定
→ Δa=5.35μm

a=12mmまでの伝播寿命の
実験結果と解析結果の誤差は2.47%

表面亀裂に対する検討***

*** 穴井陽祐: 応力集中場に存在する疲労表面亀裂の形状変化推定法の提案とその疲労寿命評価手法への適用.九州大学博士論文, 2015.

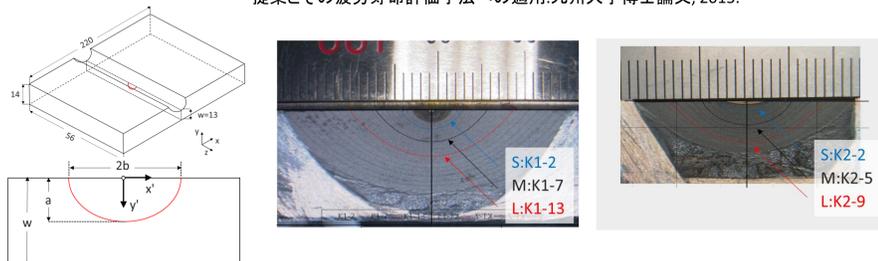


Fig. Geometry of the specimen and surface crack

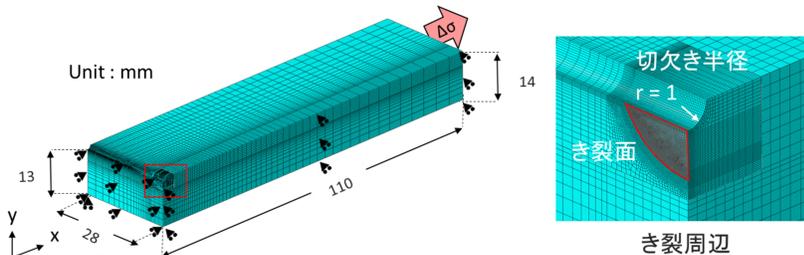


Fig. FE model and boundary conditions

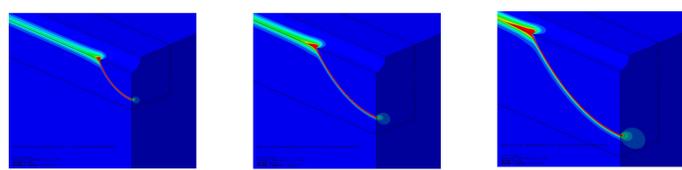


Fig. Distribution of cumulative plastic strain

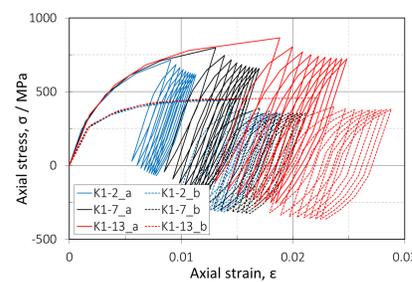


Fig. Stress-strain relationship

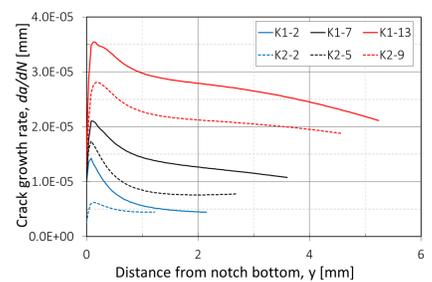


Fig. Relationship between da/dN and crack size

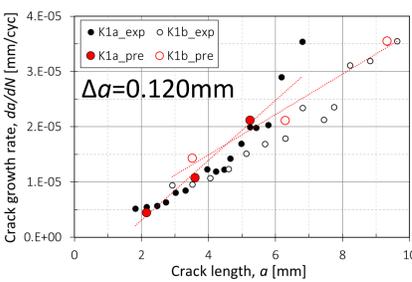


Fig. Relationship between da/dN and crack length a (K1 and K2)

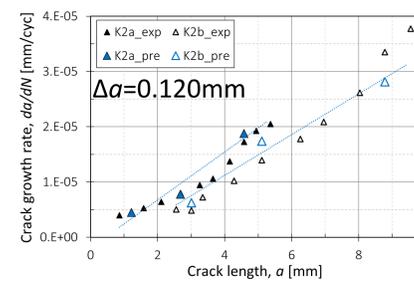


Fig. Relationship between da/dN and crack length a (K1 and K2)

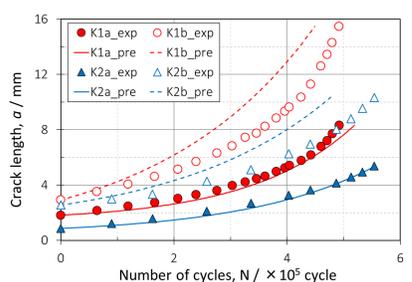


Fig. Comparison of a-N relationships

Table Comparison between prediction and experimental result

Specimen	K1	K2
Experiment [× 10 ⁵ cyc]	4.92	5.54
Prediction [× 10 ⁵ cyc]	Depth direction : a	5.19 (5.5%)
	Width direction : b	4.49 (-8.8%)
		5.56 (0.3%)
		4.77 (-13.9%)

REMARKS

- CT試験に対する検討: 提案するひずみ範囲および平均応力に依存する寿命式とΔaにより, CT試験片の亀裂伝播寿命を5%以内の誤差で評価可能であることを確認した。
- 表面亀裂に対する検討: 実験により取得された亀裂最深部と板表面部の伝播速度の違い, および試験体形状に由来する応力勾配の影響を概ね再現可能であることが示された。
- 深さ方向の亀裂進展寿命の実験結果との誤差は, 10%以内であり, 予測性能の高さが示された。