大阪大学 接合科学研究所	学生員	〇森田 花清
	正会員	堤 成一郎
	正会員	Fincato Riccardo
(株)川重テクノロジー		矢嶋 泰基
(株)エステック		籾井 秀斗

1. 諸 言

社会基盤インフラにおいて溶接構造物は広く使用さ れている. またそれら構造物の高精度疲労寿命予測を 目的とした研究が盛んに進められてきた¹⁾. 一方, 既存 の構造物の維持管理および延命化技術、疲労損傷部材 の余寿命評価技術の確立対する要求も高まっている. しかし、多くの疲労き裂発生が確認される溶接止端部 における局所的な繰返し弾塑性挙動の計測は困難であ り、疲労メカニズムが十分に解明されているとは言い 難い. そこで本研究では, 非荷重伝達型溶接十字継手を 対象として, FEM を用いた数値シミュレーションを実 施し、溶接止端部における弾塑性変形挙動を明らかに するとともに、得られた結果を用いて、疲労(き裂発生) および伝播)寿命の評価を行うことを目的とする.な お,ビード形状,予荷重および繰返し荷重の大きさの残 留応力緩和挙動および疲労寿命への影響について考察 を行った.

2. 材料および FEM 解析モデル

本研究では、2種類のビード形状を有する非荷重伝達 型溶接継手を模した FE モデルを作成した (図 1). 解析 対象の形状および境界条件の対称性により十字継手の 1/4 形状を2次元平面ひずみ要素でモデル化した.応力 集中が予想される溶接ビード止端部の要素サイズは 50µm 四方程度とし, 溶接ビード止端部の最も応力集中 が予想される要素を要素 A とする.採用する材料(拡 張型下負荷面)モデル²⁾は, Mises 型降伏面および複合 硬化則とともに相似中心の概念を導入している. 解析 は汎用 FEM ソフト Abaqus/Standard を使用し、ユーザ サブルーチン機能を通して上記材料モデルを導入し た. なお, 溶接残留応力の影響を考慮するために, Model S および B のビード部へ同様の温度依存性材料特性と 温度履歴を与えた熱弾塑性解析を実施した.得られた



溶接残留応力分布を疲労時の計算へ引き継ぐ際は等方硬化状態を仮定した.

Seiichiro TSUTSUMI, Kasumi MORITA, Fincato RICCARDO, Daiki YAJIMA, Hideto MOMII tsutsumi@jwri.osaka-u.ac.jp

			Bead shape					
		Straight (S)		Ball (B)				
		Welding residual stress		Welding residual stress				
			No (S-)	Yes (SW-)	No (B-)	Yes (BW-)		
Pre-load (C) and Cyclic stress (F) (unit: MPa)	C=0	F=180 (R=0)	S-180	SW-180	B-180	BW-180		
		F=300 (R=0)	S-300	SW-300	B-300	BW-300		
	C = -300	F=180 (R=0)	S-C300-180	SW-C300-180	B-C300-180	BW-C300-180		
	(R =-∞)	F=300 (R=0)	S-C300-300	SW-C300-300	B-C300-300	BW-C300-300		
	C=-400	F=180 (R=0)	-	SW-C400-180	-	BW-C400-180		
	(R =-∞)	F=300 (R=0)	-	SW-C400-300	-	BW-C400-300		
	C=400	F=180 (R=0)	-	SW-T400-180	-	BW-T400-180		
	(R =-∞)	F=300 (R=0)	-	SW-T400-300	-	BW-T400-300		

3. 疲労寿命評価

疲労寿命はき裂発生寿命 Nc とき裂伝播寿命 Np の 2 段 階に分けて評価を行った. き裂発生寿命については, ビ ード形状, 溶接残留応力, 繰返し荷重, 先行荷重の影響を 検討するために, 表 1 に示す荷重パターンについて評価 を行った. なお, 解析ケース名については, 左から形状 (Model S or B)および溶接残留応力(Welding), 予荷重 (Compression or Tension, 300 or 400MPa), 繰返し荷重(180 or 300MPa)を表す. 本研究で用いた疲労き裂発生寿命は 次式¹⁾を採用した. $\Delta \varepsilon_t/2=0.415N_c^{-0.606}+0.00412N_c^{-0.115}$

き裂伝播挙動は、JSSC 基準³⁾に従うと仮定し、き裂伝 播経路(図4)、き裂伝播速度を表すパラメータ、および 繰返し荷重の大きさの影響について評価を行った.なお、 初期き裂長さ $a_0=0.2mm$ とした.なお、本研究ではき裂長 さ 6mm においてき裂伝播寿命 Np とした.

4. 解析結果と考察

図2に要素Aにおける繰返し数Nに対する残留応力値 を示す.これより,引張の残留応力はN=1で圧縮の値に 転じ繰返し数の増加に伴い残留応力はゼロに向かって緩 和することがわかる.図3にき裂発生寿命を示す.これ より,引張の予荷重を与えたケースではき裂発生寿命は 長く,圧縮の予荷重を与えたケースでは寿命は短くなる ことがわかる.次に図5にき裂伝播挙動を示す.以上で 得られたNcおよびNpに基づくS-N関係を図6に示す. ここに, classE(溶接まま)および classD(溶接止端仕上げ) は,JSSC³により実験により定められた疲労強度等級で ある.これより本研究で得られた最安全設計(Safety



design) は classE, 平均設計 (Average design)は classD と classE の間に対応することがわかる. 参考文献

1) 日本材料学会編:疲労設計便覧, 1995.

- 2) K. Hashiguchi, Subloading surface model in unconventional plasticity, Int.J.Solids Struct. 25 (1989), 917-945
- 3) 日本鋼構造協会編:鋼構造物の疲労設計指針・同解説―付・設計例 2012 年改訂版