

切り欠きの有無によるレ形開先突合溶接鋼部材の力学特性に及ぼす影響に関する解析的研究

名城大学 学生会員 ○加藤 友哉  
 名城大学 正会員 康 瀾  
 名城大学 フェロー会員 葛 漢彬

1. まえがき

1995年の兵庫県南部地震では、多くの鋼構造物にて脆性的な破壊が生じた。鋼構造物の部材接合には、溶接が広く利用されている。溶接部に材質変化が生じると溶接割れなどの溶接欠陥による過大な引張応力の存在と、切り欠きからのき裂のような鋭い応力集中源の存在が重畳することで脆性的な破壊が生じると考えられている<sup>1)</sup>。本研究では、レ形開先による溶接部に切り欠きを有する鋼材SM490YAを用いての引張試験より得られた実験結果<sup>2)</sup>を基に、材料特性を決定し、また、実験から得られた延性き裂発生時および破断時の変位を延性き裂発生基準式<sup>3)</sup>へと用いることで解析的に破壊現象を模擬し、切り欠きの有無によるレ形開先突合溶接鋼材の力学特性への影響を検証する。

2. 実験および解析概要

実験試験片はV字およびU字形状の切り欠きを有する2種類と切り欠きを有しない溶接のみの鋼材、切り欠きおよび溶接を有しない鋼材(母材)の計4種類を用いる。試験機の左右にビデオカメラを2台設置し、試験片の切り欠き部を拡大撮影して、実験を開始、き裂発生から破断までの様子を記録する。実験終了後にビデオカメラの映像および実験データの比較を行いき裂発生点および破断時の荷重、変位を得る。試験片の設計図を図-1、実験試験片の写真を図-2に示す。詳しい実験手法については文献2)を参考されたい。

実験試験片の設計寸法を基に解析モデルを作成する。解析方法は解析モデルの長さ方向にて水平変位制御とし、単調載荷を行う。材料特性は母材(Base metal)、溶接部(Weld metal)、熱影響部(HAZ)の3種類を用いる。各材料特性は実験より得られた応力-ひずみデータを基にしている。構成則は母材(Base metal)には降伏棚を有する真応力-真ひずみ関係を適用したもの、溶接部(Weld metal)、熱影響部(HAZ)には降伏棚を有しない真応力-真ひずみ関係を用いる。材料定数を表-1、解析モデルを図-3に示す。

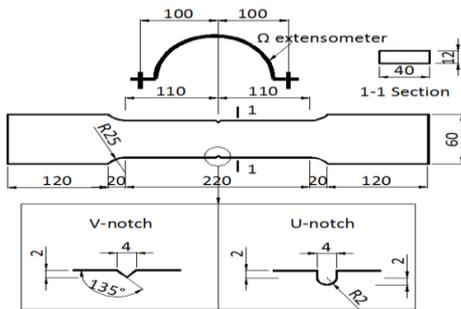


図-1 試験片設計寸法図

表-1 材料定数

Material type	E (GPa)	$\nu$	$\sigma_y$ (MPa)	$\epsilon_y$ (%)	$E_{st}$ (GPa)
Base metal	214.5	0.3	390.2	0.182	5
Weld metal	169	0.3	370	0.219	3.1
HAZ	171	0.3	386.2	0.226	3.1

Note: E=ヤング率,  $\nu$ =ポアソン比,  $\sigma_y$ =降伏応力,  $\epsilon_y$ =降伏ひずみ,

$E_{st}$  =ひずみ硬化開始係数

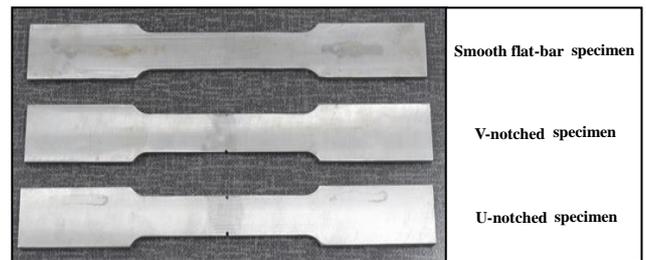


図-2 実験試験片

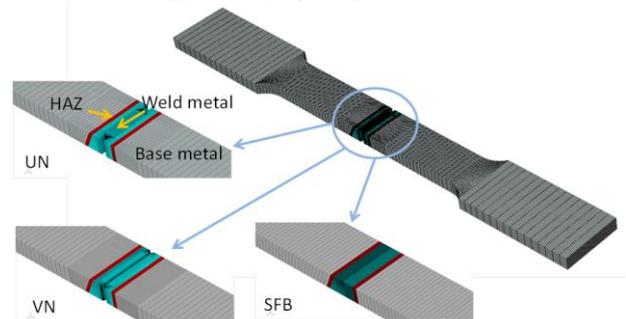


図-3 解析モデル

キーワード 切り欠き, レ形開先突合溶接, き裂, 延性破壊

連絡先〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口1-501 名城大学理工学部社会基盤デザイン工学科 TEL052-838-2342

表-2 実験および解析結果

試験片		変位(mm)			荷重(kN)		
		き裂発生開始点	最大荷重点	破断点	き裂発生開始点	最大荷重点	破断点
NWSFB1	実験	*	29.2	46.6	*	269	229
	解析	47.1	30.1	47.1	231	271	231
NWSFB2	実験	*	30.0	47.0	*	267	227
	解析	47.0	31.1	47.0	224	264	224
SFB1	実験	*	22.2	31.1	*	248	206
	解析	32.0	22.1	32.0	203	250	203
SFB2	実験	*	22.3	32.5	*	244	199
	解析	22.1	22.1	32.0	202	248	202
WM-U1	実験	12.5	10.5	13.5	196	203	126
	解析	12.1	10.9	13.4	209	215	108
WM-U2	実験	12.5	11.7	13.0	206	215	180
	解析	12.0	11.3	13.1	221	223	180

Note:\*は実験時、き裂の発生が試験片内部であるため確認することが出来なかった。

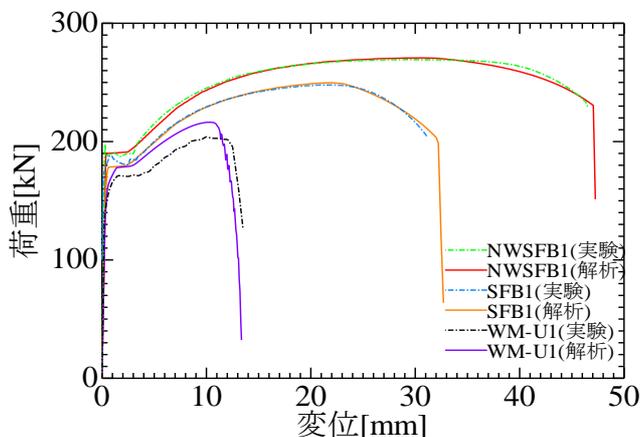


図-4 実験および解析結果の荷重-変位曲線

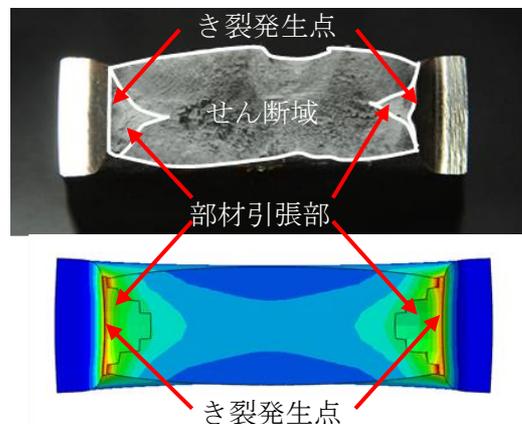


図-5 実験および解析の WM-U2 の破断面

### 3. 解析結果

ここでは解析結果を実験結果との比較を行うが、実験結果については文献 2)を参考されたい。実験および解析の結果を表-2に、実験および解析結果の荷重-変位曲線を図-4に示す。実験試験片と同様の解析モデルを作成した結果、き裂発生開始点および最大荷重点、破断点の荷重、変位が概ね一致していることを表-2より確認した。また、図-4より切り欠きおよび溶接を有しないNWSFB1と溶接のみ有するSFB1の荷重-変位関係も概ね一致している。切り欠き形状U字のものについてはSFBの解析モデルに切り欠きを作成したため、解析結果の最大荷重が実験結果よりも高くなっているが、破断点の変位は概ね模擬出来ていることを確認した。

WM-U2の実験と解析結果の破断面を図-5に示す。WM-U2の実験と解析結果の破断面を比較した結果、部材引張部とき裂発生点の位置が概ね同様の位置であることを確認した。

### 4. あとがき

実験結果より得られた材料特性、き裂発生点および破断点の変位を基にした延性き裂発生基準式を解析に用いることで、切り欠きの有無によるレ形開先突合溶接鋼材の力学特性を精度よく模擬することができた。

**参考文献:** 1) 葛漢彬, 川人麻紀夫, 大橋正稔: 鋼材の延性き裂発生の限界ひずみに関する基礎的研究, 土木学会地震工学論文集, Vol.28, 論文番号 No.190, 2005年8月. 2) 加藤友哉, 東城達哉, 康瀾, 賈良玖, 葛漢彬: 切り欠きを有するレ型突合溶接鋼部材の力学特性に関する研究, 土木学会中部支部研究発表会講演概要集, 1-26, pp.51-52, 2014年3月. 3) Kang, L., Ge, H.B., and Maruyama, R.: A Prediction Model for Ductile Fracture of Steel Bridge Piers, Proceedings of Computational Engineering Conference, Vol.18, Paper No.F-2-4, Tokyo, Japan, June, 2013.