

# 前面すみ肉溶接部の性能評価に関する実験と解析

熊本大学大学院自然科学教育部 学生会員 ○田爪陽  
 熊本大学大学院自然科学教育部 正会員 松村政秀  
 一般社団法人 日本支承協会 山崎信宏

一般社団法人 日本支承協会 松本多美子  
 一般社団法人 日本支承協会 石山昌幸  
 一般社団法人 ゴム支承協会 今井隆

## 1. 研究背景および目的

橋梁用支承の下部構造への設置には、様々な構造形式に対応するために多様な形態が存在する。現場溶接継手の場合、その構造から完全溶込み溶接は採用できず、部分溶込みまたはすみ肉溶接にせざるを得ないが、その耐荷性能および耐久性については十分なデータが得られていない。本稿では加力方向に対して直角な前面すみ肉溶接部における耐荷性能を明らかにするために実施した実験<sup>1)</sup>の再現解析を行い、すみ肉溶接部の挙動の解析による再現性を検討する。

## 2. 要素実験<sup>1)</sup>

供試体は鋼材 SM490A により 5 体 (FWT-1~5) 製作し、溶接金属にはソリッドワイヤ MG50T (神戸製鋼) ワイヤ径 0.9 mm を用いた。また溶接施工は、電圧 21.4 V、電流 166 A、溶接速度は 60 mm/min でアーク溶接により溶接長 25 mm、溶接サイズ 6 mm のすみ肉溶接によって接合した。荷重は 2,000 kN 万能試験機 (熊本大学所有) を用いて破断するまで試験体に単調引張荷重を載荷した。図-1 に示すように不溶着部の上下両側に 2 mm の間隔で測定用治具を固定して、溶接部の変形をクリップ型変位計 RA を用いて測定した。載荷前の溶接部形状の計測結果を表-1 に示す。

実験に用いた母材と溶着金属の材料試験結果を表-2 に、実験から得られた荷重-変位関係を図-2 に示す。FWT-5 は計測不調のためプロットしていない。試験体の破断時の荷重はいずれも約 160 kN、破断時の変位は約 0.6 mm であった。破断はすべての供試体でルート部から上止端部を結ぶ溶着金属の破断であり、破断角度は約 30° であった (図-3)。

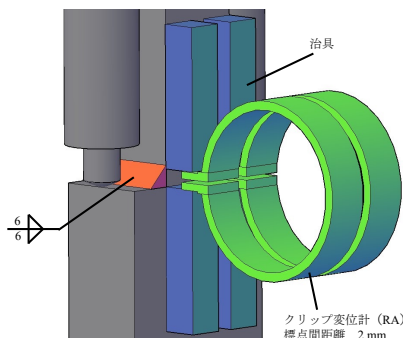


図-1 供試体および変位計の設置

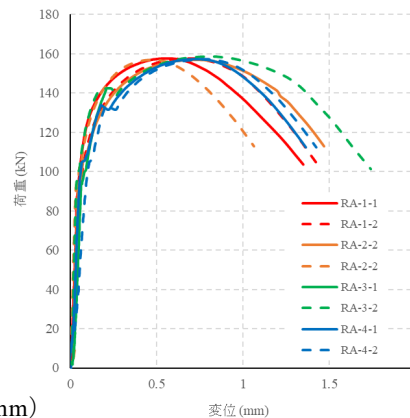


図-2 荷重-変位曲線 (FWT-1~4)



図-3 破壊状況 (FWT-1)

表-3 設計耐力との比較

供試体	$P_{max}$ (kN)	$P_B$ (kN)	$P_{max}/P_B$
FWT-1	157.8	74.9	2.11
FWT-2	157.0	83.1	1.89
FWT-3	158.6	79.5	1.99
FWT-4	157.4	84.0	1.87
FWT-5	153.5	81.0	1.90
平均値	156.8	80.5	1.95

$$P_B = A \times \sigma_u / \sqrt{3}$$

$P_B$  :  $\sigma_u$  から求める最大荷重(kN)

$A$  : 破断面を 45° とする溶接部抵抗断面積(mm<sup>2</sup>)

$\sigma_u$  : 母材の引張強さ(MPa)

表-1 溶接部の形状 (単位: mm)

	FWT-1	FWT-2	FWT-3	FWT-4
脚長 s1	7.470	7.012	7.106	7.075
脚長 s2	5.648	5.997	6.407	6.073
のど厚 a	4.921	5.462	5.226	5.508
溶込み量 p1	0.417	0.374	0.560	0.365
溶込み量 p2	1.733	1.384	1.774	0.994
溶込み量 p3	0.000	0.000	0.191	0.000

表-2 材料特性

供試体	板厚 (mm)	板幅 (mm)	上降伏点 $\sigma_{yu}$ (MPa)	下降伏点 $\sigma_{sl}$ (MPa)	ヤング係数 $E$ (MPa)	引張強さ $\sigma_u$ (MPa)	ポアソン比 $\nu$	破断伸び $EL$ (%)
母材(SM490A)	40.02	25.03	398.1	377.9	$2.13 \times 10^5$	524.8	0.28	60.3
溶着金属(MG50T)	10.14	9.94	432.3 (0.2%耐力)		$2.64 \times 10^5$	581.6	0.43	80.7

表-3 より実験の破断荷重  $P_{max}$  は母材の引張強さから求まる耐力  $P_B$  の約 2 倍であった。これは実験の破断形態が破断面を  $45^\circ$  とするせん断破断でないことなどの要因が考えられる。

### 3. 再現解析

再現解析は汎用有限要素解析プログラム Abaqus(Version 6.14)を用いて行う。FWT の解析モデルを図-4 に示す。解析モデルは対称性を考慮して実験供試体の  $1/2$  (厚さ 1 mm) とし、底面を固定し、上面に一様強制変位を Y 軸正向きに与える。溶接部には、表-2 に示した MG50T の材料特性を入力し、表-1 に示した溶込み形状を考慮する/しないの 2 つの解析モデルを設定した。不溶着部には 0.01mm の隙間を設け溶接部のみで応力伝達が行われるモデルとした。要素には 6 面体要素と 4 面体要素を用い、溶着部は 6 面体要素の 1 辺が 0.5mm になるように分割した。

解析結果を図-5、表-4 に示す。荷重-変位関係は代表して FWT-1 の結果を載せている。実験値と解析値を比較すると、溶着金属とその溶込み形状および溶着金属の材料特性を考慮した場合、いずれの供試体でも初期剛性および最大荷重は概ね一致した。そのため、溶接部耐力の評価には、溶着金属の溶込み形状と材料特性を考慮する必要があるといえる。ただし、最大荷重時の変位には差異が認められ、溶接部への残留応力を考慮できていない影響等の可能性が考えられる。

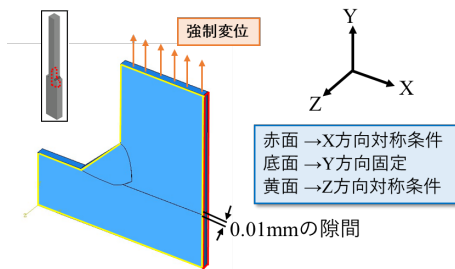


図-4 解析モデル

表-4 実験結果と溶込み形状を考慮した解析値の比較 (最大荷重)

	FWT-1	FWT-2	FWT-3	FWT-4
解析値 (kN)	157.61	156.11	163.38	155.80
実験値 (kN)	157.78	157.00	158.56	157.39
最大値の比	0.999	0.994	1.030	0.990

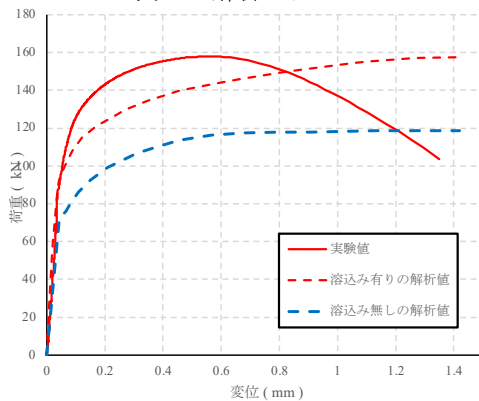


図-5 荷重-変位関係 (FWT-1)

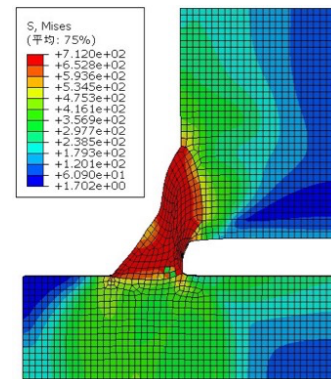


図-6 最大荷重時の変形図およびコンター図 (FWT-1, 変形倍率 1 倍)

### 3. 結論

本稿の実験と解析で得られた主な結果を以下に示す。

- a) 試験体の最大荷重はいずれも約 160 kN で、ルート部から上止端部を結ぶ溶着金属の破断となった。破断時の荷重は母材の終局せん断耐力  $\tau_u$  に破断面  $45^\circ$  とする溶接部抵抗断面積を乗じて求まる耐力の約 2 倍となり、一方向载荷を受けるすみ肉溶接部は設計値に対して余剰耐力を有しているといえる。
- b) 実験の再現解析を行った結果、溶着金属の材料特性と溶込み形状を考慮すると、初期剛性や最大荷重を算出できることがわかった。

### 参考文献

1) 松村政秀, 小南雄一郎, 松本多美子, 石山昌幸, 今井隆: 水平力を受ける支承すみ肉溶接部の耐荷性能に関する実験的研究, 鋼構造年次論文集, 第 29 巻, 2021.11.