

板厚が開先面に融合不良欠陥を有する鋼板の継手性能に及ぼす影響

その2 実験結果および考察

開先面 融合不良 溶接欠陥
引張試験 破壊 欠陥率

正会員 同 同
○服部 見波 宗川
和徳*1 進*2 陽祐*1

1. はじめに

その1では、実験計画および供試材の材料試験結果について報告した。その2では、実験結果および考察について報告する。

2. 実験結果

実験結果一覧を表1に示す。荷重—変形関係および応力—ひずみ関係を図1に示す。応力σおよびひずみεは、式(1)および式(2)により算出した。累積塑性変形倍率ηsは式(3)により算出した。

$$\sigma = P/A \dots (1)$$

$$\epsilon = \delta / L_0 \times 100 \dots (2)$$

σ：応力、P：試験荷重、ε：ひずみ、δ：変位、L₀：標点距離(70mm)

A：断面積(No.1-1~1-4：640mm²、No.2-1~2-7：1562.5mm²、No.3-1~3-7：4000mm²)

$$\eta_s = W / (P_p \times \delta p) \dots (3)$$

η_s：累積塑性変形倍率、P_p：降伏荷重(=σ_{yh}×A)

W：履歴吸収エネルギー(最大荷重の90%まで)

δp：加工硬化開始点の変位(=ε_p/100×70)

(No.1-1~1-4：1.53mm、No.2-1~2-7：1.28mm、No.3-1~3-7：1.06mm)

図1より、板厚16mm試験体では、欠陥率が大きくなるにつれて、ひずみ量が小さくなる傾向が見取れるが、板厚40mmの試験体においては、その傾向が小さい。これは、本試験体において全ての試験体で標点距離L₀を等しくしており(L₀=70

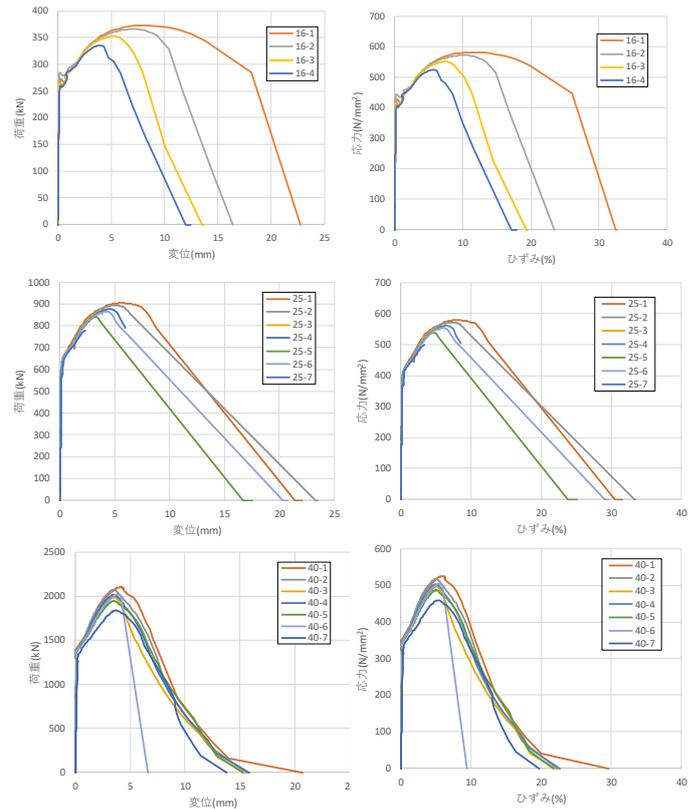


図1 荷重—変位関係および応力—ひずみ関係

表1 実験結果一覧

試験体 No.	板厚 t mm	板幅 B mm	欠陥寸法 (mm)			欠陥率 α %	P _{max} kN	δ _{max} mm	σ _{max} N/mm ²	ε _{max} %	σ _{max} /σ _{yh}	σ _{max} /σ _u	η _s	破壊状況
			高さ d	長さ a	幅 w									
1-1	16	40	3.2	3.2	0.4	1.6	372.6	7.8	582	11.2	1.41	1.06	12.76	延性
1-2			5.0	5.0	0.4	3.9	360.6	5.3	572	10.2	1.38	1.04	8.59	延性
1-3			6.4	6.4	0.6	6.4	352.6	5.2	551	7.4	1.33	1.00	5.58	延性
1-4			8.0	8.0	0.6	10.0	335.3	3.9	524	5.6	1.27	0.95	3.83	延性
2-1	25	62.5	5.0	5.0	0.4	1.6	904.5	5.5	579	7.9	1.45	1.04	8.33	延性
2-2			6.4	6.4	0.6	2.6	894.0	5.0	572	7.2	1.43	1.03	6.33	脆性
2-3			6.4	12.8	0.6	5.2	865.7	3.6	554	5.2	1.39	1.00	3.58	脆性
2-4			8.0	8.0	0.6	4.1	877.1	4.5	561	6.5	1.41	1.01	5.77	延性
2-5			10.0	10.0	0.6	6.4	842.5	3.3	539	4.7	1.35	0.97	4.03	延性
2-6			12.8	6.4	0.6	5.2	865.4	4.2	554	6.0	1.39	1.00	5.21	延性
2-7			12.8	12.8	0.6	10.5	779.9	2.4	499	3.4	1.25	0.90	1.93	脆性
3-1	40	100	8.0	8.0	0.6	1.6	2101.7	4.1	525	5.9	1.60	1.01	6.05	延性
3-2			10.0	10.0	0.6	2.5	2073.8	3.5	518	5.0	1.58	1.00	5.25	延性
3-3			10.0	20.0	1	5.0	1988.0	3.6	497	5.1	1.52	0.96	4.45	延性
3-4			12.8	12.8	0.6	4.1	2015.0	3.5	504	5.0	1.54	0.97	4.97	延性
3-5			16.0	16.0	1	6.4	1947.8	3.5	487	4.9	1.48	0.94	5.28	延性
3-6			20.0	10.0	1	5.0	2017.6	3.8	504	5.5	1.54	0.97	4.05	変位計治具より破断
3-7			20.0	20.0	1	10.0	1837.5	3.7	459	5.3	1.40	0.89	4.94	延性

P_{max}：最大耐力、δ_{max}：最大耐力時の変位、σ_{max}：最大応力、ε_{max}：最大応力時のひずみ

σ_{yh}：降伏点(素材引張試験)、σ_u：引張強さ(素材引張試験)、η_s：累積塑性変形倍率(最大耐力の90%まで)

Influence of thickness on joining performance of steel plate with lack-of-fusion defect on groove face

Part2 Experimental results and discussions

Hattori Kazunori Minami Susumu and Sokawa Yosuke

mm)、板厚の厚い試験体では拘束の影響が大きかったものと推測される。

3. 考察

図2に、 σ_{max}/σ_u -欠陥率関係を示す。図2の縦軸は、最大応力 σ_{max} を素材の引張強さ σ_u で無次元化したものである。いずれの板厚においても、欠陥率が大きくなるにつれて、最大耐力が低下している。また、今回の実験範囲において、欠陥による耐力低下の割合(グラフの傾き)は、いずれの板厚において、概ね同様の傾向であった。

図3に ϵ_{max} -欠陥率の関係を示す。板厚 16mm、板厚 25mm については、欠陥率が大きくなるにつれて ϵ_{max} が線形的に低下する傾向があった。一方、板厚 40mm の試験体については、欠陥率 2.0%を超えるとほぼ一定の値を示している。

図4に累積塑性変形倍率 η_s -欠陥率の関係を示す。累積塑性変形倍率においても、 ϵ_{max} とほぼ同様の傾向が示される。

板厚 40mm の試験体が他の試験体と傾向が異なるのは、試験体のプロポーシヨンの影響だと推察される。一般的に、金属材料の引張試験において、応力およびひずみは断面積および標点距離に依存することが知られており、特に、破断伸びは $B\sqrt{A}$ (B: 材料定数, A: 断面積) と相関があり、JISZ2241 に示される比例試験片においては、標点距離は $5.65\sqrt{A}$ と定められている。

本試験体の標点距離 L_0 は、JIS で定められる標点距離 L_0 に比べ非常に小さいものとなっている。そこで、少し乱暴な整理ではあるが、JIS に定める標点距離に換算すべく、実験より得られた累積塑性変形倍率の補正を試みた。補正の方法は、式(4)による。

$$\eta_{s(補正)} = \eta_{s(実験)} \times 5.65\sqrt{A} / \text{標点距離} \quad \dots(4)$$

$\eta_{s(補正)}$: 補正した累積塑性変形倍率

$\eta_{s(実験)}$: 累積塑性変形倍率(実験値), A: 断面積, 標点距離(=70 mm)

$\eta_{s(補正)}$ -欠陥率の関係を図5に示す。図5には、既往実験である H 形鋼の 3 点曲げ試験の結果も併せて示す。ただし、板厚 40mm、欠陥率が 2.0%以上である試験体は除外している。図5より、本実験結果は、既往の曲げ試験結果と概ね近い傾向が得られた。従って、試験体のプロポーシヨンにより拘束度が試験結果である耐力および変形性能に与える影響が大きいものであると推定される。

4. まとめ

本研究では、板厚(16mm、25mm、40mm)および欠陥面積をパラメータとし、標点距離を一定(70mm)とした場合において、融合不良が溶接部の力学的性能に与える影響を単調引張試験により検討した。その結果、既往の研究どおり、欠陥率が大きいほど耐力および変形性能が低下する傾向を確認した。また、試験体の拘束度がひずみに与える影響が大きいことを確認した。今後、試験体の標点距離を変えた実験ならびに数値解析を実施する予定である。

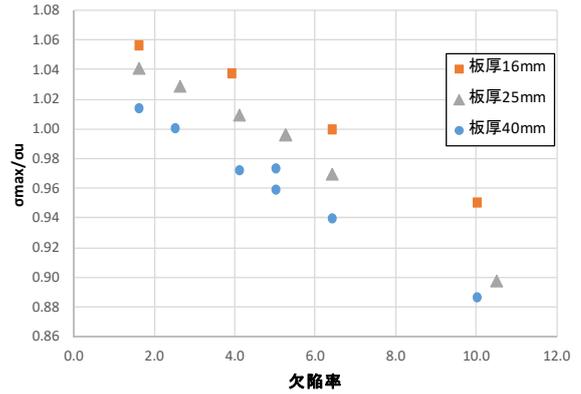


図2 σ_{max}/σ_u -欠陥率関係

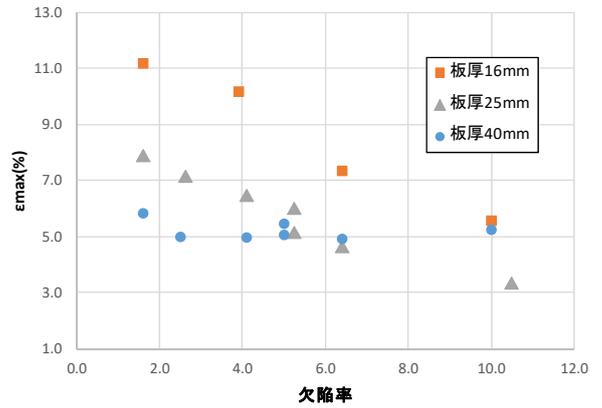


図3 ϵ_{max} -欠陥率関係

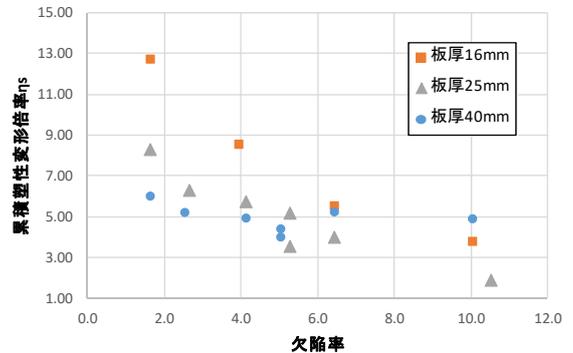


図4 累積塑性変形倍率 η_s -欠陥率関係

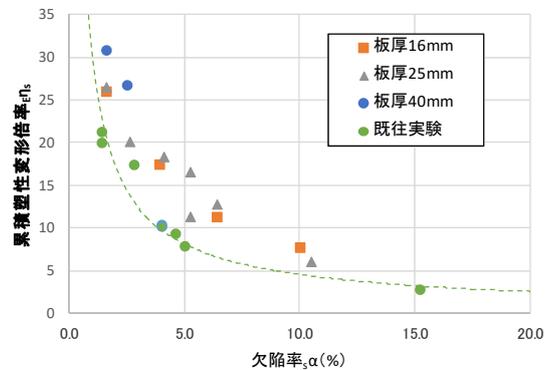


図5 累積塑性変形倍率(補正)-欠陥率関係

*1 (一財)ベターリビングつくば建築試験研究センター・博士(工学) *1 Tsukuba Building Test Laboratory of Center for Better Living, Dr.Eng.

*2 東京電機大学理工学部 教授・博士(工学)

*2 Prof., Tokyo Denki University, Dr.Eng.