

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3 標点距離の影響

正会員 ○服部 和徳 1* 宗川 陽祐 1*
同 山田 宗範 2* 見波 進 3*

開先面 融合不良 溶接欠陥
引張試験 標点距離 欠陥率

1.はじめに

筆者らは、開先面の融合不良を模した欠陥を施した鋼板の引張試験を実施し、融合不良が力学的性能に与える影響を検討している。昨年度、板厚をパラメータ(16mm、25mm)とした引張試験を実施している¹⁾。昨年度の実験では、標点距離Loを70mmに統一した試験を実施しており、拘束効果の影響が付与され、変形性能を相対比較検討するには、不十分な結果であった。

本報では、標点距離を JISZ2241 に定められる長さとした試験体の単調引張試験を行い、欠陥寸法と板厚が与える接合部の耐力および変形性能を実験的に検証することを目的とする。

2.1 試験体

試験体一覧を表1に示す。表1には、試験結果も併せて示す。試験体の板厚は、16mm、25mmの2種類である。試験体形状を図1に示す。試験体はすべてSN490B鋼材である。開先角度35°の開先面端部に想定する位置に放電加工で人工的に設けている。なお、既報で使用した試験体の標点距離Loは、いずれの試験体も70mmに統一している。本報では、標点距離を JISZ2241:2011(金属材料引張試験方法)を参考に $Lo = 5.65\sqrt{S_0}$ (S_0 : 原断面積)とした。板幅は、板厚の2.5倍とした。

2.2 供試材の機械的性質

素材引張試験結果を表2に示す。引張試験片は、JISZ2241:2011(金属材料引張試験方法)に示される1A号試験片とした。表2には、ミルシート値も併せて示す。供試材のシャルピー衝撃試験結果一覧を表3に示す。試験片は JISZ2242:2018(金属材料のシャルピー衝撃試験方法)に示されるVノッチ試験片とした。試験片採取位置は、

板厚25mmは板表面から1/4tの位置、板厚16mmは板表面から6mmの位置がシャルピー試験片の中央になるようにした。表3には、ミルシート値も併せて示す。

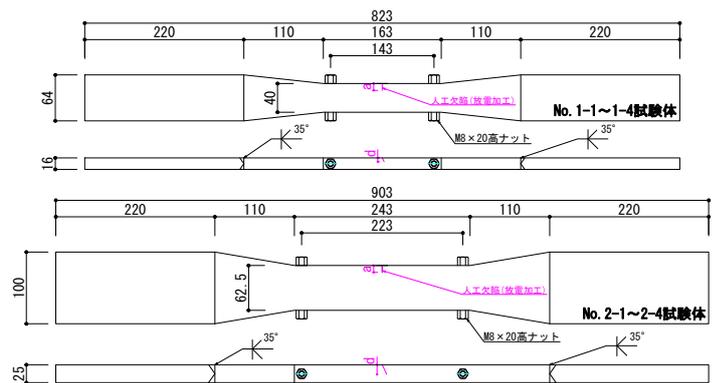


図1 試験体形状

表2 素材引張試験結果

板厚	試験温度	σ_{yH}	σ_{yL}	σ_u	Y.R.	ϵ_p	EL.	Z	数量
mm	°C	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%	%	%	体
16	常温	426	415	552	77	2.42	29	67.9	3
	ミルシート	388	-	512	76	-	28	-	-
25	常温	365	361	532	69	1.78	30	61.4	3
	ミルシート	378	-	526	72	-	27	-	-

σ_{yH} : 上降伏点、 σ_{yL} : 下降伏点、 σ_u : 引張強さ、 ϵ_p : 加工硬化開始点のひずみ、Y.R.(= $\sigma_{yH}/\sigma_u \times 100$): 降伏比、EL.: 破断伸び、Z: 絞り

表3 シャルピー衝撃試験結果一覧

板厚	$\sqrt{E_0}$	$\sqrt{B_0}$	$\sqrt{E_{20}}$	$\sqrt{B_{20}}$	$\sqrt{T_s}$	$\sqrt{T_e}$	$\sqrt{E_{shelf}}$	$\sqrt{E_0}^{-1}$
mm	J	%	J	%	°C	°C	J	J
16	195	0	207	0	-60	-49	218	144
25	165	34	194	17	-15	-22	211	192

\sqrt{E} : 吸収エネルギー、 \sqrt{B} : 脆性破面率、 $\sqrt{T_s}$: 破面遷移温度、 $\sqrt{T_e}$: エネルギー遷移温度、 $\sqrt{E_{shelf}}$: 上部棚吸収エネルギー、*: ミルシート値

表1 試験体一覧および試験結果一覧

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	16.06	39.93	3.04	2.95	0.4	1.4	354.0	19.7	553	13.9	1.33	1.00	10.0	延性
1-2	16.06	39.77	5.05	4.79	0.4	3.8	351.0	16.2	550	11.4	1.33	1.00	7.1	延性
1-3	16.06	39.82	5.96	6.27	0.6	5.8	343.0	13.6	536	9.5	1.29	0.97	5.3	延性
1-4	16.05	39.83	7.82	7.77	0.6	9.5	329.0	10.3	515	7.2	1.24	0.93	3.8	延性
2-1	25.34	62.43	4.89	4.83	0.4	1.5	843.0	28.9	533	12.9	1.48	1.00	11.0	延性
2-2	25.39	62.52	7.61	8.16	0.6	3.9	837.0	24.1	527	10.8	1.46	0.99	9.2	延性
2-3	25.25	62.47	9.75	10.20	0.6	6.3	813.0	17.1	515	7.7	1.43	0.97	6.5	延性
2-4	25.31	62.43	12.69	12.75	0.6	10.2	750.0	11.5	475	5.2	1.32	0.89	3.9	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} : 上降伏点(素材引張試験)、 σ_u : 引張強さ(素材引張試験)、 η_s : 塑性変形倍率(最大耐力の90%まで)、欠陥寸法(高さ、長さ)および板厚、板幅は実計測す

3. 試験方法

実験装置は1000kNアムスラー型油圧万能試験機を用い、板厚 40mm のみ 3000kN 試験機を用いて行った。試験温度は室温(20°C)で行った。

変形測定は、試験体高ナットに変位計(D1,D2)を 2 箇所に取り付け、D1 と D2 の平均値とした。荷重は、試験機の荷重計により測定した。

4. 試験結果

荷重—変形関係および応力—ひずみ関係を図 2 に示す。本試験体は、全て融合不良からの延性破壊であった。

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。塑性変形倍率 η_s は式(3)により算出した。

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

$$\varepsilon = \delta/L_0 \times 100 \cdots (2)$$

σ : 応力、 P : 試験荷重、 ε : ひずみ、 δ : 変位

L_0 : 標点距離、 A : 実断面積

$$\eta_s = W/(\sigma_{yh} \times \varepsilon_p) \cdots (3)$$

η_s : 塑性変形倍率

W : 履歴吸収エネルギー(最大荷重の 90%まで)

5. 考察

図 3 に、 σ_{max}/σ_u —欠陥率関係を示す。図 3 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。本試験結果においても、既往と同様に欠陥率が大きくなるにつれて、最大耐力が低下している。

図 4 に ε_{max} —欠陥率の関係を示す。本試験においても、既往と同様に、欠陥率が大きくなるにつれて、 ε_{max} が低下する傾向が認められる。既往の試験結果において、同一欠陥寸法において、板厚ごとに ε_{max} に差異が認められる。しかしながら、本試験結果では、板厚 16 mm と板厚 25 mm で、概ね同一の傾向を示しており、同一欠陥率であれば、 ε_{max} に大きな差異はない。従って、既往の様に、標点間距離が断面積に対し非常に小さい場合には、 ε_{max} が小さくなると思われる。

図 5 に塑性変形倍率 η_s —欠陥率の関係を示す。欠陥率が大きくなるにつれて塑性変形倍率 η_s が小さくなる傾向であり、 ε_{max} とほぼ同様の傾向が示される。同一寸法において、板厚 16 mm に比べ、板厚 25mm の塑性変形倍率 η_s が若干高い傾向にある。これは、板厚 16 mm の降伏比が 77% に対し、板厚 25mm の降伏比が 69% であり、降伏比が低いのが理由であると考えられる。

6. まとめ

本研究では、板厚(16mm、25mm)および欠陥面積をパラメータとし、標点距離を JISZ2241 に定める長さとした場合において、融合不良が接合部の力学的性能に与える影

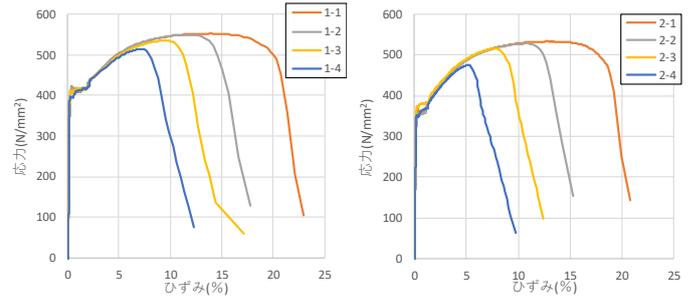


図 2 応力—ひずみ関係

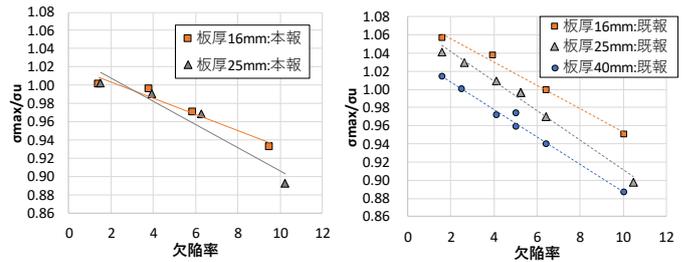


図 3 σ_{max}/σ_u —欠陥率関係

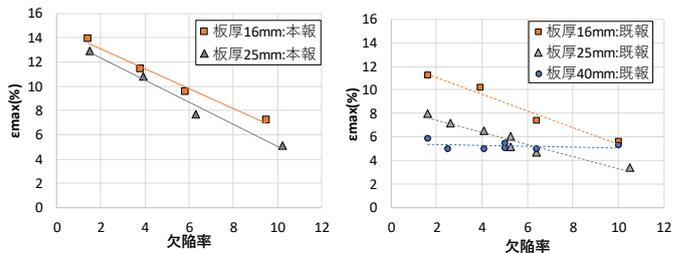


図 4 ε_{max} —欠陥率関係

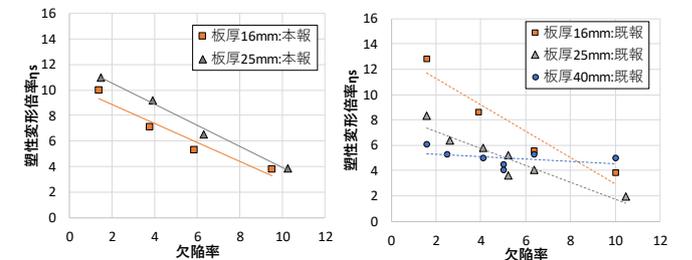


図 5 塑性変形倍率 η_s —欠陥率関係

響を単調引張試験により検討した。その結果、本実験の範囲において、標点距離を JIS に定める寸法にすれば、同一欠陥寸法の場合、板厚が異なっても変形性能は概ね等しい事を確認した。既往の結果より、標点距離が断面積に対し非常に小さい場合には、変形性能が小さくなることを示した。従って、拘束度が高い部位などは、十分に塑性化せず欠陥から破断する可能性が危惧される。

【参考文献】

- 1) 見波進、服部和徳、宗川陽祐：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 1、その 2 日本建築学会大会学術梗概集(北陸), pp.1079-1082, 2019.9

*1 (一財)バタリービングつくば建築試験研究センター・博士(工学)
 *2 (一財)バタリービングつくば建築試験研究センター・修士(工学)
 *3 東京電機大学理工学部 教授・博士(工学)

*1 Tsukuba Building Test Laboratory of Center for Better Living, Dr.Eng.
 *2 Tsukuba Building Test Laboratory of Center for Better Living, M.Eng.
 *3 Prof., Tokyo Denki University, Dr.Eng.