

35度開先面に融合不良を有する接合部の繰返し載荷実験

—その6 端部欠陥の寸法・欠陥率の影響 実験結果および考察—

正会員 ○服部 和徳*1 成川 優也*2 見波 進*3
宗川 陽祐*4 中野 達也*5

開先面 融合不良 溶接欠陥
繰返し載荷 板厚・板幅 欠陥率

1.はじめに

その5では、繰返し曲げ載荷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6では、試験結果およびその考察について報告する。

2.試験結果

荷重—変形関係およびスケルトン曲線を図1に示す。試験結果一覧を表1に示す。スケルトン曲線は、全塑性耐力 P_p および全塑性耐力時の変位 δ_p で無次元化している。

いずれの試験体も、欠陥先端から延性亀裂が発生した。試験体 No.21 および試験体 No.26 は、延性亀裂が進展して、延性亀裂先端から脆性破壊をした為、試験を終了している。その他の試験体は、延性亀裂の進展に伴い荷重低下が認められたため、試験を終了している。

表1 試験結果一覧

No.	欠陥位置	表面・裏面	欠陥角度	欠陥寸法(mm)			欠陥率 %	板厚 mm	板幅 mm	欠陥高さ比	欠陥長さ比	Pmax kN	δ_{max} mm	α	E _{ηs}	E _{ηA}	破壊サイクル			
				高さ	長さ	幅														
1	中央	表面	35°	1.2	100	0.4	4.80	25	100	0.05	1.00	387.5	45.38	1.79	16.4	61.3	+8			
2				2.5	28	0.4	2.80			0.10	1.12	392.5	45.60	1.81	16.1	61.7	+9			
3				5	14	0.4	2.80			0.20	0.56	397.2	45.76	1.83	16.5	57.9	+9			
4				5	28	0.4	5.60			0.20	1.12	359.2	45.59	1.66	7.4	42.4	+8			
5				10	23	0.6	9.20			0.40	0.92	346.7	34.00	1.60	9.1	35.7	+7			
6				20	38	1	30.40			0.80	1.52	259.4	22.50	1.20	3.0	13.2	+5			
7				25	10	1	10.00			1.00	0.40	350.7	36.81	1.62	8.1	37.2	+7			
8				2.5	14	0.4	1.40			0.10	0.56	397.1	45.60	1.83	21.3	78.5	+9			
9				5	7	0.4	1.40			0.20	0.28	402.3	49.76	1.85	20.1	82.2	+9			
10				5	14	0.4	2.80			0.20	0.56	381.7	45.53	1.76	17.5	49.9	+8			
11				10	11.5	0.6	4.60			0.40	0.46	361.0	34.49	1.66	9.4	27.9	+6			
12				20	19	1	15.20			0.80	0.76	278.4	23.00	1.28	2.9	15.7	+5			
13				25	5	1	5.00			1.00	0.20	364.0	29.17	1.68	8.0	25.2	+6			
14	端部	表面	35°	10	10	0.6	4.00	25	100	0.40	0.40	371.5	46.73	1.55	10.5	32.2	+7			
15				10	10	0.6	4.00			0.40	0.40	371.6	50.14	1.55	10.3	35.4	+8			
16				10	10	0.6	4.00			0.40	0.40	382.8	49.24	1.60	13.9	44.3	+9			
17		表面	35°	10	20	0.6	8.00			0.40	0.80	358.8	41.33	1.50	9.2	31.5	+7			
18				10	20	0.6	8.00			0.40	0.80	360.9	36.76	1.51	9.7	30.8	+8			
19				10	20	0.6	8.00			0.40	0.80	365.1	45.56	1.53	10.3	33.8	+8			
20		端部	表面	35°	6.4	6.4	0.5			4.00	16	64	0.40	0.10	172.2	41.16	1.65	13.2	51.3	+8
21					10	10	0.6			9.77			0.63	0.16	146.9	20.59	1.41	4.5	14.0	+5
22					8	8	0.6			4.00			0.50	0.08	253.7	33.58	1.61	12.3	35.3	+7
23	10				10	0.6	6.25	0.63	0.10	234.1			34.38	1.48	6.7	23.3	+6			
24	8				8	0.6	4.00	0.32	0.13	229.9			46.47	1.69	16.1	51.2	+9			
25	10				10	0.6	6.25	0.40	0.16	219.8			37.70	1.62	12.5	48.9	+8			
26	10				10	0.6	4.00	0.40	0.10	351.1			38.83	1.67	16.9	33.2	+8			

Pmax : 最大荷重、 δ_{max} : 最大変位(最大荷重の90%)、 $\alpha (=P_{max}/P_p)$: 耐力上昇率
 $E_{\eta s} (=W_s/P_p \times \delta_p)$: スケルトン曲線によるエネルギーから算出した累積塑性変形係率(正側: 最大荷重値まで)
 $E_{\eta A} (= \sum W_i / (P_p \times \delta_p))$: パウシンガー域のエネルギー吸収を含む累積塑性変形係率(正側: 最大荷重の90%まで)
 W_s : スケルトン曲線より算出したエネルギー、 $\sum W_i$: 実験から得られる全てのループのエネルギーについて足合わせたもの
 P_p : 全塑性荷重(計算値)、 δ_p : 全塑性耐力時の変形量(計算値)、欠陥高さ比: 欠陥高さ/板厚、欠陥長さ比: 欠陥長さ/板幅
 全塑性荷重は、0°Cにおける素材試験結果(下降伏点)を用いて算出している。

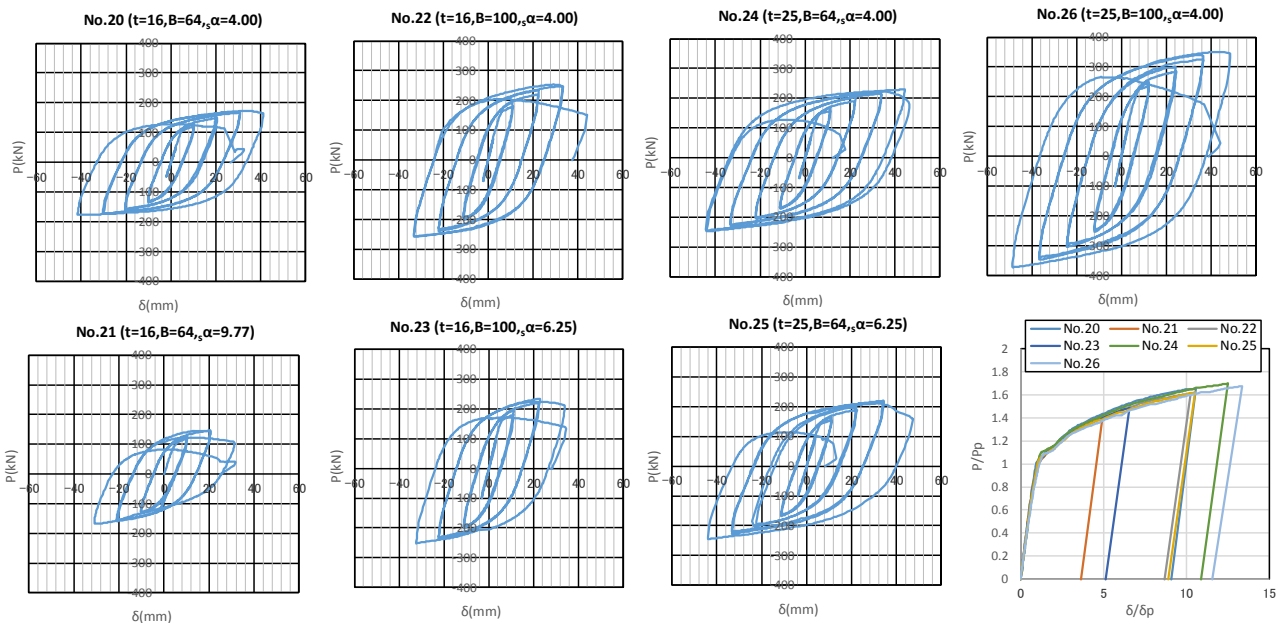


図1 荷重—変形関係およびスケルトン曲線

累積塑性変形倍率 ϵ_s —欠陥率 $s\alpha$ 関係を図 2 に示す。本研究では、累積塑性変形倍率 ϵ_s (以下、 ϵ_s と称す。) を用いて考察する。図 2 には、既往の実験結果であるシリーズ 1 およびシリーズ 2 の実験結果(端部欠陥のみ)も併せてプロットし、近似曲線も併せて示している。図 2 より、欠陥率 $s\alpha$ が大きくなるにつれて、 ϵ_s が低下することが確認できる。ただし、シリーズ 1、2 とシリーズ 3 の近似曲線は同一曲線となっていない。また、試験体 No.23 と試験体 No.25 の欠陥率 $s\alpha$ は 6.25% で同一であるが、 ϵ_s は 6.7(試験体 No.23)、12.5(試験体 No.25)で 2 倍程度の差があった。従って、欠陥率 $s\alpha$ のみで、 ϵ_s を評価することは難しいと考えられる。

3. 考察

3.1 降伏比の影響

ϵ_s —欠陥率 $s\alpha$ 関係(降伏比の影響)を図 3 に示す。図 3 に示すプロットは、降伏比が異なるものであり、板厚は同一の 25mm である。荷重—変形関係の比較を図 4 に示す。図 4 に示す荷重—変形関係は、板厚、板幅は同一であり、欠陥率もほぼ同程度であるが、降伏比が異なる試験体を比較している。図 3 および図 4 より、降伏比が低い試験体は、変形能力が高くなる傾向であり、一般的に知られている知見と同様の結果を得た。

3.2 板幅の影響

ϵ_s —板幅の関係を図 5 に、 ϵ_s —欠陥長さ比の関係を図 6 に示す。欠陥長さ比は、欠陥長さをフランジ幅で除した値と定義した。図 5 より、同一の欠陥率の場合、 ϵ_s は、板幅の影響を受けることは少ない。また、図 6 より、欠陥長さ比は、 ϵ_s と相関が小さいことが分かる。

3.3 板厚の影響

ϵ_s —板厚の関係を図 7 に、 ϵ_s —欠陥高さ比の関係を図 8 に示す。欠陥高さ比は、欠陥高さをフランジ厚で除した値と定義した。図 7 より、本実験の範囲において、同じ欠陥率の場合、板厚が大きいく程、 ϵ_s は大きくなる傾向があった。また、図 8 より、欠陥高さ比が大きくなるにつれて ϵ_s が小さくなる傾向が認められ、 ϵ_s に与える影響としては、欠陥長さ比より欠陥高さ比の方が大きいと考えられる。

4. まとめ

板厚・板幅が、欠陥を有する接合部の変形能力に与える影響について繰返し曲げ試験により検討した結果、以下について明らかとなった。

- 1) 欠陥率 $s\alpha$ が同一であっても、累積塑性変形倍率 η_s が同程度にならないことがあることを実験的に確認しており、欠陥高さ と 欠陥長さの単純な積で算出した欠陥

- 2) 累積塑性変形倍率 η_s に与える影響は、欠陥長さ比より欠陥高さ比の方が大きい。
- 3) 同じ欠陥率 $s\alpha$ の場合、降伏比が低い鋼材の方が、累積塑性変形倍率 η_s は高くなる傾向がある。

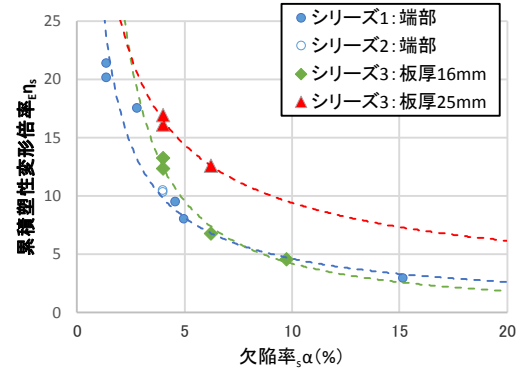


図 2 ϵ_s —欠陥率 $s\alpha$ 関係

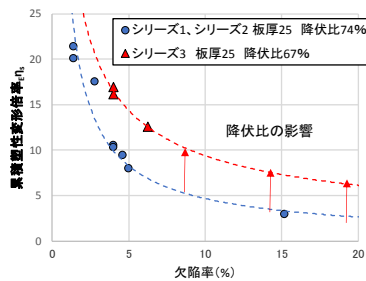


図 3 ϵ_s — $s\alpha$ 関係 (降伏比の影響)

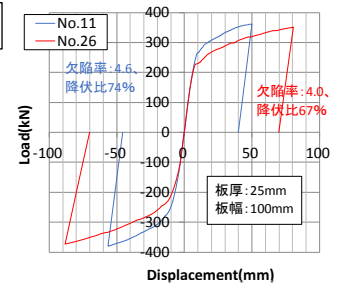


図 4 荷重—変形関係

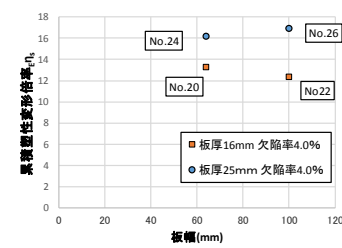


図 5 ϵ_s —板幅の関係 (板幅の影響)

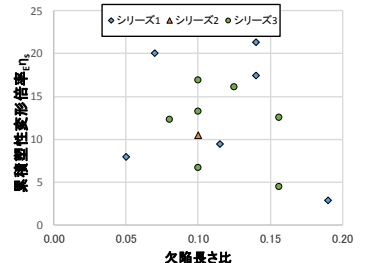


図 6 ϵ_s —欠陥長さ比関係

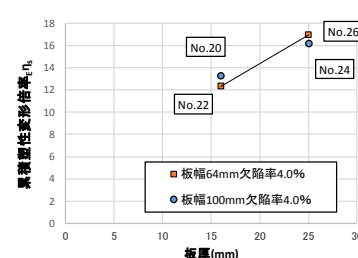


図 7 ϵ_s —板厚の関係 (板厚の影響)

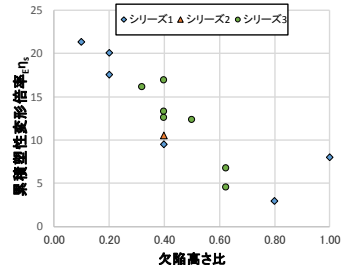


図 8 ϵ_s —欠陥高さ比関係

*1 (一財)ベタリービングつくば建築試験研究センター・博士(工学)
 *2 東京電機大学大学院理工学研究科修士課程 大学院生
 *3 東京電機大学理工学部建築・都市環境学系 教授・博士(工学)
 *4 (一財)ベタリービングつくば建築試験研究センター・博士(工学)
 (元宇都宮大学 大学院生)
 *5 宇都宮大学地域デザイン科学部 准教授・博士(工学)

*1 Tsukuba Building Test Laboratory of Center for Better Living, Dr. Eng.
 *2 Graduate Student, Graduate School of Science and Eng., Tokyo Denki Univ.
 *3 Prof., School of Science and Eng., Tokyo Denki Univ., Dr. Eng.
 *4 Tsukuba Building Test Laboratory of Center for Better Living, Dr. Eng.
 (Former Graduate Student, Utsunomiya Univ.)
 *5 Faculty of regional design, Utsunomiya Univ., Dr. Eng.