

35度開先面に融合不良を有する接合部の繰返し载荷実験

(その3) 角度および位置の影響

開先面 融合不良 溶接欠陥
繰返し载荷 破壊 欠陥率

正会員 ○ アルムニフ サミル^{*1}
同 見波 進^{*2}
同 服部 和徳^{*3}

1. はじめに

溶接欠陥は継ぎ手の強度や伸びに影響すると考えられ、開先面に発生する融合不良も溶接欠陥の一つであり、溶接接合部の表面に位置すると破壊の起点になりやすいと危惧される¹⁾。そこで、本研究では昨年度の実験²⁾に引き続き、大きさ、角度、位置の異なる欠陥が施された実験体の繰返し曲げを行い、その欠陥が破壊にどのように影響するかを検証する。

2. 試験体

試験体の形状を図1に示す。各試験体は開先角度 35° または 0° の開先面に沿った溶接欠陥を表面側と底面側に有するモデルを対象とし、中央欠陥と端部欠陥について実験を行うこととする。底面側は初層欠陥を想定したものである。欠陥の位置を図2に示す。また欠陥の寸法、面積、欠陥率を一覧にして表1に示す。シリーズ1が文献2)、シリーズ2が本実験である。本研究では欠陥の位置・形状などの幾何学的観点から明らかにするため、溶接は行わず、均質な母材に切欠き状の欠陥を人工的に設けることとし、試験板は幅140mm、長さ300mm、板厚25mmのSN490B鋼材に欠陥を放電加工で作成した。表2に使用鋼材の機械的性質を示す。

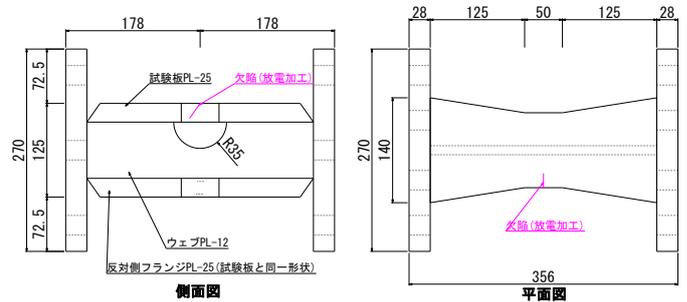


図1 試験体

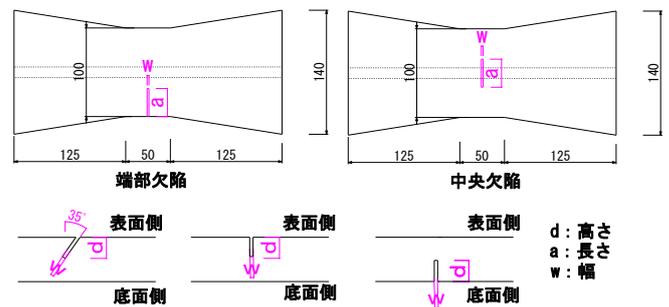


図2 欠陥の角度および位置

表1 試験体および実験結果一覧

No.	欠陥位置	欠陥面	欠陥角度	欠陥寸法(mm)			欠陥率 %	Pmax kN	δmax mm	ηs	η	破壊サイクル
				高さ	長さ	幅						
シリーズ1	中央	表面	35°	1.2	100	0.4	4.8	387.5	45.38	12.75	47.8	+8
				2.5	28	0.4	2.8	392.5	45.60	12.58	48.1	+9
				5	14	0.4	2.8	397.2	45.76	12.85	45.1	+9
				5	28	0.4	5.6	359.2	45.59	5.76	33.1	+8
				10	23	0.6	9.2	346.7	34.00	7.11	27.8	+7
				20	38	1	30.4	259.4	22.50	2.31	10.3	+5
	端部	表面	35°	25	10	1	10	350.7	36.81	6.29	29.0	+7
				2.5	14	0.4	1.4	397.1	45.60	16.64	61.2	+9
				5	7	0.4	1.4	402.3	49.76	15.65	64.1	+9
				5	14	0.4	2.8	381.7	45.53	13.64	38.9	+8
				10	11.5	0.6	4.6	361.0	34.49	7.37	21.7	+6
				20	19	1	15.2	278.4	23.00	2.27	12.2	+5
				25	5	1	5	364.0	29.17	6.23	19.6	+6
シリーズ2	端部	表面	35°	10	10	0.6	4	371.5	46.73	9.4	31.9	+7
		表面	0°	10	10	0.6	4	371.6	49.95	9.2	35.1	+8
	中央	底面	0°	10	10	0.6	4	382.8	49.24	12.4	43.9	+9
		表面	35°	10	20	0.6	8	358.8	41.33	8.2	31.2	+7
		表面	0°	10	20	0.6	8	360.9	36.76	8.7	30.5	+8
		底面	0°	10	20	0.6	8	365.1	45.56	9.2	33.5	+8

表2 鋼材の機械的性質

シリーズ	鋼材	t mm	σy	σu	EL	Y.R.	vEo
			N/mm ²	N/mm ²	%	%	J
シリーズ1	SN490B	25	377	519	31	72	235
シリーズ2			401	542	28	74	240

t: 板厚, σy: 降伏点, σu: 引張強さ, EL: 伸び
Y.R.: 降伏比, vEo: 0°Cシャルビー吸収エネルギー

3. 実験方法

実験装置はアムスラー型油圧万能試験機を用いた。図3のように試験体と加力ビームをボルトで繋ぎ、载荷点ビームを載せ2点载荷として荷重を加える。弾性範囲の±100kNを一回行い正負交互に繰返し全体中央変位δが±12mm、±24mm、±36mm、±48mmとなるように各2回ずつ行い、その後は押し切りとした。

本実験では試験温度を0°Cと設定し、ドライアイスで冷やしたエタノールを冷媒として試験体に接触させて冷却した。試験体の鋼板の内部まで十分に冷やすため加力前から30分程度冷却し、载荷中も冷却し続けた。

Pmax: 最大荷重, δmax: 最大変位(最大荷重の90%)
ηs: スケルトン曲線より算出した累積塑性変形倍率(正側: 最大荷重値まで)
η: 累積塑性変形倍率(正側: 最大荷重の90%まで)
全塑性時の弾性変位(計算値)δp: 7.1mm(シリーズ1)、7.3mm(シリーズ2)
全塑性荷重(計算値)Pp: 245kN(シリーズ1)、252kN(シリーズ2)
全塑性モーメントは、0°Cにおける素材試験結果を用いて算出

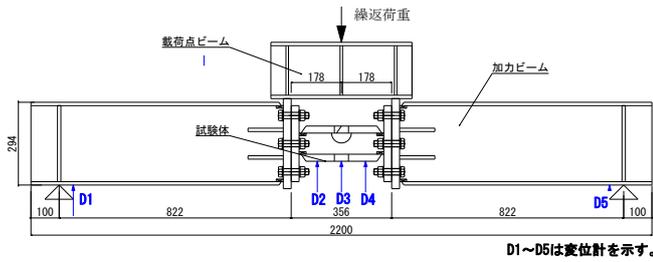


図3 載荷位置と測定位置

4. 実験結果

実験結果一覧を表1に、荷重-変位関係およびスケルトン曲線を図4に示す。No.14、No.15は脆性的に破断し急激に荷重が落ちた。他の試験体については延性的に破断したので荷重がゆっくりと降下した。

端部欠陥のNo.16は±48mmで破断しなかったため、正側への押し切りの荷重上昇中で脆性的に破断した。

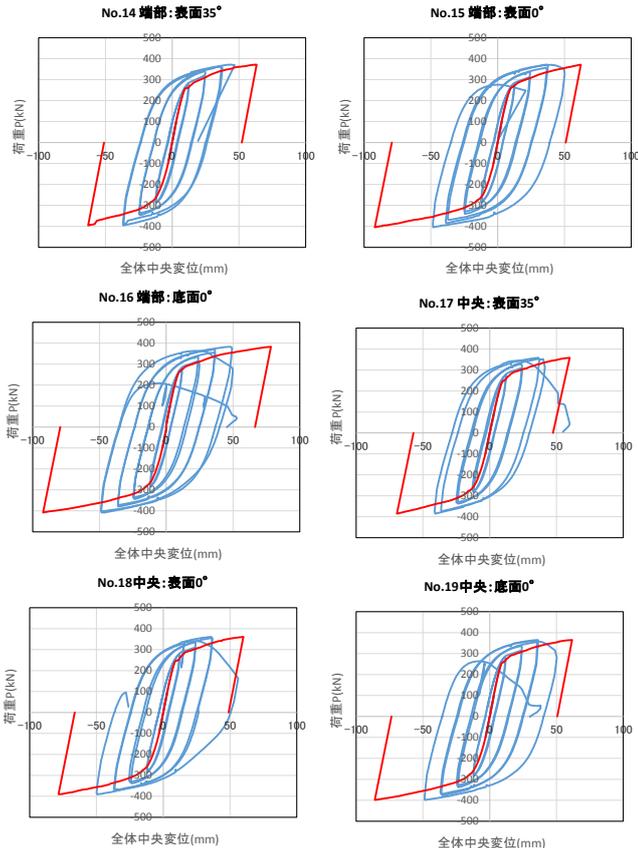


図4 荷重-変位関係

5. 考察

実験結果から得られた荷重-変位曲線の正側のすべてのループについて足し合わせたもの(= W_{total})を以下のように P_p 、 δ_p で除して累積塑性変形倍率 η を求めた。 η は最大荷重の90%まで足し合わせた。

$$\eta = \frac{W_{total}}{P_p \delta_p}$$

またスケルトン曲線による累積塑性変形倍率 (η_s) も求めた。欠陥率と累積塑性変形倍率 η_s の関係を図5に示す。いずれも欠陥率が大きくなると性能が低下しており欠陥率が高いほうが破壊しやすいと考えられる。中央欠陥より端部欠陥の方が同じ欠陥率でも破壊しやすいと考えられる。

各試験体の η_s の比較を図6に、 η の比較を図7に示す。

同じ欠陥寸法でも、初層欠陥に相当する底面側の欠陥は若干 η が大きく、破壊しにくいことが分かるが、表面側の欠陥は角度が異なることで明瞭な違いは認められない。

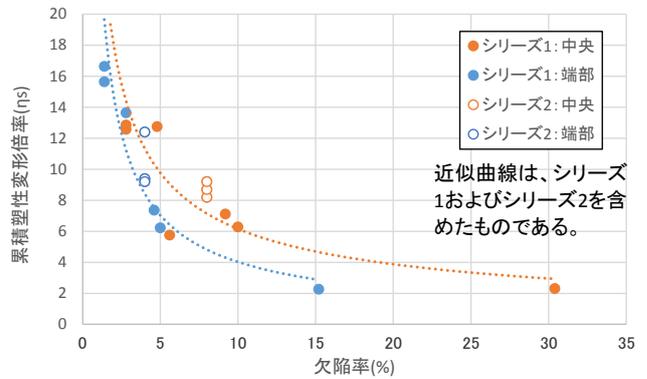


図5 欠陥率と η_s の関係

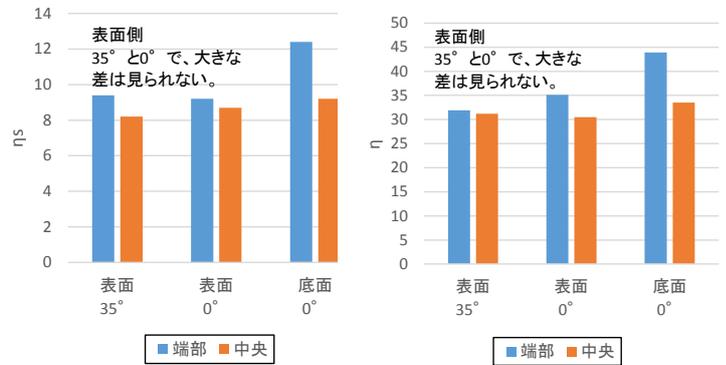


図6 η_s の比較

図7 η の比較

6. まとめ

今回の研究では融合不良が継手性能に与える影響を、繰返し載荷実験を行い検討した。同じ欠陥率では端部欠陥のほうが中央欠陥より破壊しやすい傾向があることを確認した。欠陥角度が 35° と 0° の影響については、明瞭な違いは認められなかったが、今後 FEM 解析を行い、欠陥近傍の応力ひずみ状態を実験結果と比べながら検討していく必要がある。

【参考文献】

- 1) 服部和徳, 笠原基弘, 中込忠男: 35度開先面に発生する融合不良に対する超音波探傷試験方法に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 991-992, 2014.9
- 2) アルミニウム サミル, 服部和徳, 見波進, 笠原基弘: 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1~2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 1043-1046, 2015.9

*1 東京電機大学大学院理工学研究科修士課程 大学院生

*2 東京電機大学理工学部 教授

*3 (一財)ベターリビングつくば建築試験研究センター

*1 Graduate Student, Tokyo Denki University

*2 Prof., Tokyo Denki University

*3 Tsukuba Building Test Laboratory of Center for Better Living