

## 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7 欠陥位置の影響 実験概要

正会員 ○見波 進\* 同 服部 和徳\*\*  
同 宗川 陽祐\*\*

開先面 融合不良 溶接欠陥  
繰返し載荷 欠陥位置 欠陥率

## 1.はじめに

溶接欠陥が接合部の強度や伸び能力を低下させることは知られている。近年の研究において、溶接欠陥が鋼部材の塑性変形能力に及ぼす影響について検討がなされており、溶接欠陥寸法だけではなく、その位置が大きく影響していることが明らかとなっている。これらの研究成果を受けて、日本建築学会：鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準・同解説<sup>1)</sup>においても、溶接欠陥位置を考慮したより合理的な合否判定基準を将来設定する可能性を示唆している。

具体的には、中央欠陥より端部欠陥の方が変形能力は低くなることが明らかとなっている。既往の研究では、中央欠陥と端部欠陥の比較検討<sup>2)</sup>は行われているが、中央欠陥と端部欠陥の間に存在する欠陥について検討された事例はほとんどない。

本研究では、欠陥位置(フランジ端部からの距離)をパラメータとした試験体の繰返し曲げ破壊試験を実施し、溶接欠陥位置が部材の塑性変形性能に及ぼす影響について実験的に把握することが目的である。

## 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°の開先面に沿った溶接欠陥を有するモデルを対象とし、中央欠陥から端部欠陥の間で欠陥位置を変えて実験を行うこととする。欠陥の位置を図2に示す。試験体一覧を表1に示す。本研究では欠陥の位置のみについて検討することとして、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た。試験板は幅140mm(試験部100mm幅)、長さ300mm、板厚25mmのSN490B鋼材に欠陥を放電加工で作成した。欠陥寸法は、欠陥高さ：10mm、欠陥長さ：20mmとし、いずれの試験体も欠陥率は8.0%と統一した。使用鋼材の機械的性質を表2に、化学成分を表3に示す。

## 3. 載荷方法

実験装置は1000kN アムスラー型油圧万能試験機を用いた。図3に示すように試験体と加力ビームをボルトでつなぎ、載荷点ビームを載せ2点載荷として荷重を加える。試験体に曲げ荷重を加えることにより、表面付近に存在す

る欠陥により厳しい条件を負荷するように考慮した。繰返し載荷は、全塑性耐力  $cP_p$  : 236.8kN 時の変位量  $c\delta_p$  : 6.82mm を基準とし加力を実施した。

弾性範囲の±100kNを1回行い、正負を交互に繰返し、全体中央変位  $\delta$  が±13.6mm(1、2 サイクル)、±27.3mm(3、4 サイクル)、±40.9mm(5、6 サイクル)、±54.6mm(7、8 サイクル)となるように各2回ずつ行い、その後は押切り(9

表1 試験体一覧

No.	端部からの距離 <sup>※1</sup> (mm)	欠陥寸法(mm)			欠陥率 <sup>※2</sup> %	備考
		高さ	長さ	幅		
1	10	10	20	0.6	8.0	端部欠陥
2	15	10	20	0.6	8.0	-
3	20	10	20	0.6	8.0	-
4	35	10	20	0.6	8.0	-
5	50	10	20	0.6	8.0	中央欠陥

※1：フランジ端部から溶接欠陥中央までの距離

※2：欠陥率=欠陥面積÷フランジ断面積×100

表2 供試材の機械的性質

試験片採取位置	試験温度	$\sigma_{yH}$	$\sigma_{yL}$	$\sigma_u$	Y.R.	EL.	vEo
	°C	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	%	%	J
フランジ	常温	388	383	527	74	29	194
	0°C	395	382	538	73	28	

$\sigma_{yH}$ ：上降伏点、 $\sigma_{yL}$ ：下降伏点、 $\sigma_u$ ：引張強さ、Y.R.：降伏比

EL.：伸び、vEo：0°Cシャルピー吸収エネルギー

表3 供試材の化学成分(ミルシート)

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Sn	B	Ceq	Pcm
×100	×1000	×100	×10000	×100000	×100									
12	24	130	15	5	14	8	7	3	11	33	19	5	38	21

Ceq：炭素当量、Pcm：溶接割れ感受性組成

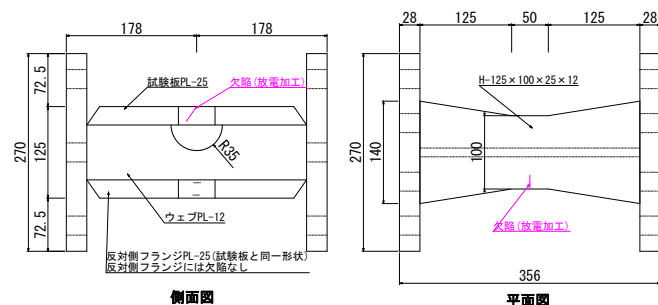


図1 試験体形状

Cyclic loading test of joints with lack-of-fusion defect at 35 degrees groove face

Part 7: Influence of defect position; experimental outline

Susumu Minami, Kazunori Hattori, Yosuke Sokawa

サイクル)とする計画とした。試験温度は 0℃と設定した。

ドライアイスで冷やしたエタノールをビニル袋に入れ試験板フランジに密着させて冷却した。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。

#### 4. 測定方法

変位の測定は、変位計を 5 箇所を設置して行った。加力点に 3 箇所、支持点に 2 箇所とした。測定位置を図 3 中に示す。全体中央変位  $\delta$  は以下の式で算出し、この値に基づき载荷の変位の制御を行った。荷重は、アムスラー型油圧万能試験機の荷重計により測定した。

$$\delta = D3 - (D1 + D5) / 2$$

温度は試験体フランジの表面および人工欠陥の切欠き底に熱電対を取り付け測定した。

#### 5. 応力拡大係数

クラックを持つ部材の強度や変形を取扱う分野として破壊力学が多用される。本研究においても破壊力学パラメータの一つである応力拡大係数  $K$  を用いて、検証を試みる。

本研究では、縁の一方に偏った位置にき裂(偏心き裂)をもつ帯板が様に引張られる場合の応力拡大係数  $K$  を用いる。応力拡大係数  $K$  は、下式により算出されることが示されている<sup>3)</sup>。各試験体で  $a$  寸法は同一である。従って、形状係数  $F_{I,A}(\lambda, \epsilon)$  を比較することで、破壊のしやすさを相対比較できるものと考えられる。なお、 $F_{I,A}(\lambda, \epsilon)$  は、文献 3) の早見表の数値を引用している。

表 4 に形状係数  $F_{I,A}(\lambda, \epsilon)$  および形状係数を算出するためのパラメータを示す。なお、端部からの距離  $b1=10\text{mm}$  の試験体 No.1 は、片側き裂と考え  $F_{I,A}(\lambda, \epsilon)=2.0$  としている。

$$K_{I,A} = \sigma \sqrt{\pi a} F_{I,A}(\lambda, \epsilon)$$

$$K_{I,B} = \sigma \sqrt{\pi a} F_{I,B}(\lambda, \epsilon)$$

$$\epsilon = \frac{e}{b}, \quad \lambda = \frac{a}{b_1}$$

図 4 より、端部欠陥は中央欠陥に対し指数関数的に  $F_{I,A}(\lambda, \epsilon)$  の値が大きくなり、破壊に敏感になるものだと想定される。

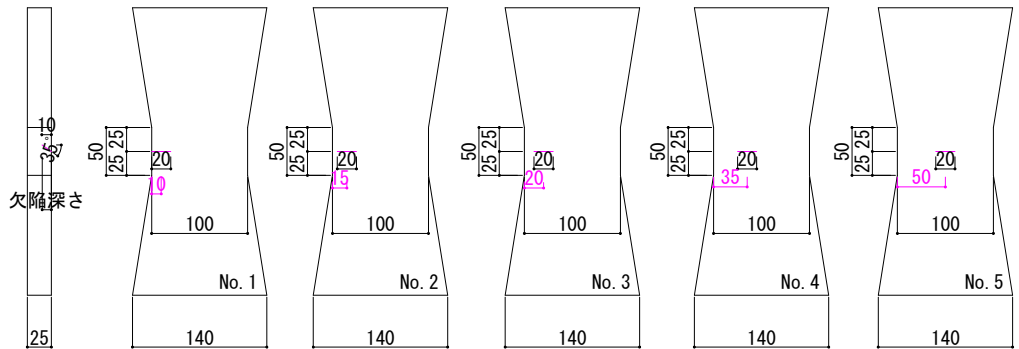
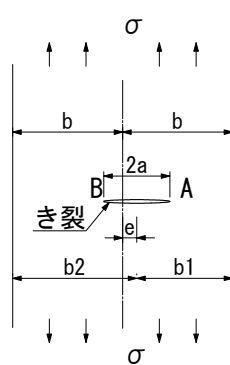


図 2 欠陥の位置

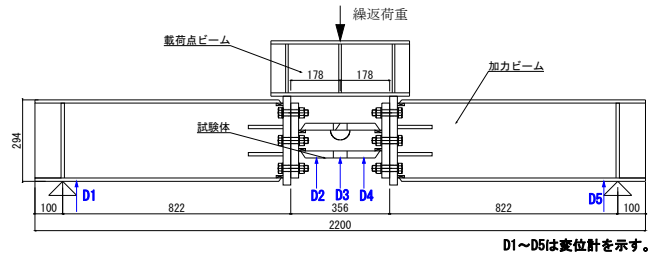


図 3 試験装置

表 4 形状係数  $F_{I,A}(\lambda, \epsilon)$

試験体No.	b	e	$\epsilon$	a	b1	$\lambda$	$F_{I,A}(\lambda, \epsilon)$
1	50	40	0.8	10	10	1.00	2.0000
2	50	35	0.7	10	15	0.67	1.3460
3	50	30	0.6	10	20	0.50	1.1483
4	50	15	0.3	10	35	0.29	1.0507
5	50	0	0	10	50	0.20	1.0246

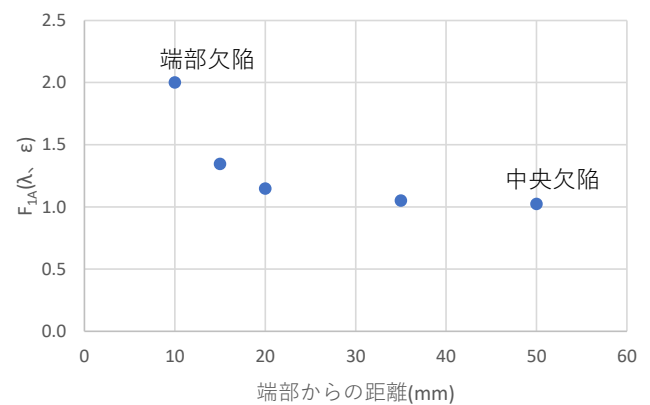


図 4 形状係数  $F_{I,A}(\lambda, \epsilon)$ —端部からの距離関係

#### 5. まとめ

その 7 では、実験方法ならびに応力拡大係数について示した。その 8 では、実験結果および考察を示す。

#### 【参考文献】

- 1) 日本建築学会：鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準・同解説：pp.107~111, 2018
- 2) アルムニフ 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载荷実験 (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
- 3) 石田誠：亀裂の弾性解析と応力拡大係数, 培風館, pp.146-147, 1976

\* 東京電機大学 理工学部 教授・博士(工学)

\*\* (一財)バッテリーリングつくば建築試験研究センター・博士(工学)

\* Prof., School of Science and Eng., Tokyo Denki Univ., Dr. Eng.

\*\* Tsukuba Building Test Laboratory of Center for Better Living, Dr. Eng.