

梁の塑性変形能力に及ぼす溶接欠陥の影響

—その2 破壊状況および塑性変形能力—

正会員 ○上田 遼*1 同 田中 剛*2 同 吹田 啓一郎*3
同 津嘉田 敬章*1 同 山根 正寛*4 同 中澤 好道*4

柱梁接合部 溶接欠陥 開先形状
固形エンドタブ 実大載荷実験 塑性変形能力

1. はじめに

前報(その1)に引き続き、本報(その2)では、破壊状況および塑性変形能力について述べる。

2. 実験結果

表1に実験結果一覧を示す。同表中の備考に示すように、 $\Sigma\theta_{pl}$ は梁の累積塑性回転角、 η は累積塑性変形倍率、 θ_s は骨格曲線より求めた最大塑性回転角、 η_s は塑性変形倍率である。

3. 破壊状況

各試験体の実験経過を以下に示す。

1) Sシリーズ

無欠陥のS-Nでは、 $60p$ の1サイクル時において、梁フランジ側溶接止端およびダイアフラム側溶接止端に

亀裂が発生した(写真1(a))。 $60p(+4)$ サイクル時に、梁フランジ側溶接止端に発生した亀裂が板厚を貫通し、板幅方向にも進展した後、 $60p(+6)$ サイクル時に梁フランジが破壊した(写真1(b))。

S-E-15では、 $40p(+2)$ サイクル時に欠陥先端に、 $60p(+1)$ サイクル時にダイアフラム側溶接止端に亀裂が発生した(写真2(a))。その後、欠陥先端より発生した亀裂が進展し、板厚を貫通し、 $60p(+4)$ サイクル時にダイアフラム内に亀裂が入った後にダイアフラム側で破壊した(写真2(b))。

S-C-30では、 $40p(-2)$ サイクル時にダイアフラム側溶接止端に、 $60p(+1)$ サイクル時に梁フランジ側溶接止端に亀裂が発生した。 $60p(+2)$ サイクル時にダイア



(a) 亀裂発生

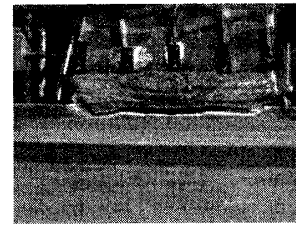


(b) 破断の状況

写真1 S-N

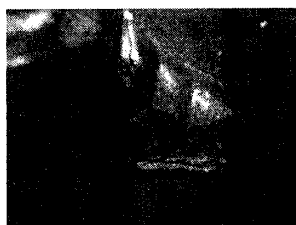


(a) 亀裂発生



(b) 破断の状況

写真2 S-E-15



(a) 亀裂発生



(b) 破断の状況

写真3 F-N



(a) 亀裂発生



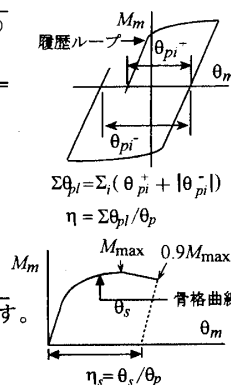
(b) 破断の状況

写真4 F-E-15

表1 実験結果一覧

試験体	欠陥実測 ¹⁾ 寸法(mm) 高さ×長さ	破断 ²⁾ 時期	$\Sigma\theta_{pl}$ (rad)	η	θ_s (rad)		η_s		M_{max}/M_p		破断 ³⁾ モード
					(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	
S-N	—	$60p(+6)$	0.79	116	0.070	-0.076	8.8	-9.7	1.43	-1.41	F
S-E-15	5.3×18.5	$60p(+4)$	0.59	87	0.064	-0.071	8.0	-9.1	1.43	-1.42	D
S-C-30	3.5×42.7	$60p(+7)$	0.88	129	0.069	-0.069	8.8	-8.8	1.42	-1.42	D
F-N	—	$60p(-7)$	0.97	143	0.064	-0.069	7.8	-8.6	1.43	-1.41	D
F-E-5	5.1×9.4	$60p(-1)$	0.26	38	0.053	-0.046	6.2	-5.3	1.38	-1.33	D
F-E-10	3.5×13.1	$60p(-1)$	0.25	37	0.054	-0.043	6.3	-4.8	1.39	-1.30	D
F-E-15	5.1×17.5	$60p(-2)$	0.37	54	0.065	-0.064	7.9	-7.8	1.41	-1.40	D
F-C-30	3.5×32.0	$60p(+5)$	0.65	95	0.062	-0.067	7.6	-8.3	1.43	-1.43	D

備考：塑性変形能力の定義



- 1)：端部欠陥については破断の起点となった側の、中央欠陥についてはその実測寸法の高さと長さを示す。
2)：破断時のサイクルを示す。 $60p(+6)$ は、 $60p$ の変位振幅の6サイクル目正側で破壊したことを示す。
3)：Fは梁フランジ側止端からの亀裂による破壊、Dはダイアフラム側からの破壊を示す。

Effects of Weld Defect of Beam-to-Column Weld Connections on Plastic Deformation Capacity
Part 2 Fracture Modes and Plastic Deformation Capacity

UETA R., TANAKA T., SUITA K., TSUKADA T., YAMANE M. and NAKAZAWA Y.

ラム側溶接止端より発生した亀裂が板厚を貫通し、その後、溶接線方向に亀裂が進展し、60p(+7)サイクル時にダイアフラム側で破壊した。

2) Fシリーズ

無欠陥のF-Nでは、40p(-2)サイクル時にダイアフラム側溶接止端に、60p(+1)サイクル時に梁フランジ側ルート部に亀裂が発生した(写真3(a))。60pの繰返し载荷でダイアフラム側溶接止端に発生した亀裂が板厚を貫通するとともに板幅方向へも進展した後、60p(-7)サイクル時にダイアフラム側で破壊した(写真3(b))。

F-E-5, F-E-10, F-E-15では、いずれも40p(-1)サイクル目までに欠陥先端から亀裂が発生し(写真4(a))、40p(-2)サイクル時には板厚を貫通した。その後、欠陥先端より発生した亀裂がダイアフラム内に進展し、F-E-5, F-E-10では、60p(-1)サイクル時にF-E-15では、60p(-2)サイクル時にダイアフラム側で破壊した(写真4(b))。

F-C-30では、40pの繰返し载荷でダイアフラム側ルート部および溶接止端、梁フランジ側ルート部に亀裂が発生した。60p(+1)サイクル時に亀裂が板厚を貫通し、幅方向にも進展した後、60p(+5)サイクル時にダイアフラム側で破壊した。

4. 塑性変形能力

各試験体の累積塑性変形倍率 η を図1に示す。

外開先としたSシリーズでは、端部欠陥長さを15mmとしたS-E-15の η は、欠陥無しの場合のS-Nの η の75%であり、欠陥は塑性変形能力を若干低下させている。

内開先としたFシリーズでは、Sシリーズに比べて、欠陥先端の亀裂発生時期およびその後の亀裂の進展が早く、塑性変形能力は小さい。これらの試験体(F-E-5, F-E-10, F-E-15)の η は、F-Nの η の26%~38%であり、欠陥長さによらず、塑性変形能力が大きく低下している。

外開先で中央に30mmの欠陥を挿入した試験体S-C-30の η は、S-Nの η を若干上回り、欠陥の影響は見られない。内開先で中央に30mmの欠陥を挿入した試験体F-C-30の η は、F-Nの η の66%であり、欠陥は塑性変形能力を若干低下させている。

無欠陥試験体および端部欠陥試験体について、縦軸に η をとり横軸に欠陥断面率、 α をとって図2に示す。欠陥断面率は、破壊の起点となった側の欠陥断面積(欠陥の実測高さ×実測長さ)をフランジ断面積で除した値である。同図には、文献1)の結果も併せて示す。外開先試験体では、欠陥断面率が4%程度までは、欠陥が梁の塑性変形能力に与える影響は小さい。一方、内開先試験体では、欠陥断面率が1.5%程度でも梁の塑性変形能力が大きく低下している。

*1 神戸大学大学院工学研究科建築学専攻・修士課程
 *2 神戸大学大学院工学研究科建築学専攻・教授・博士(工)
 *3 京都大学大学院工学研究科建築学専攻・教授・博士(工)
 *4 ヤマネ鉄工建設(株)

5. まとめ

- (1) 内開先初層の端部欠陥は、欠陥断面率が1.5%程度であっても、梁の塑性変形能力を大きく低下させる。したがって、現場溶接の下フランジは、欠陥に対して敏感なディテールであると言える。
- (2) 外開先初層の端部欠陥は、欠陥断面率が4%程度まで梁の塑性変形能力に与える影響は小さい。
- (3) 外開先初層の中央欠陥は、梁の塑性変形能力に影響を与えない。一方、内開先初層の中央欠陥は、梁の塑性変形能力を若干低下させる。

【謝辞】

本研究の一部は科学研究費・基盤研究(A)(No.21246087)の助成を受けた。ここに感謝の意を表す。

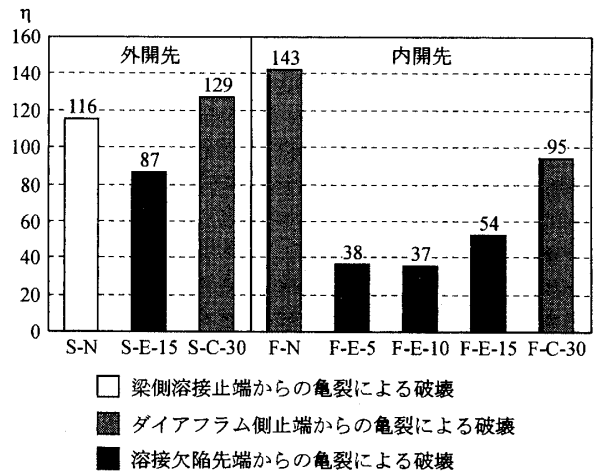


図1 累積塑性変形倍率

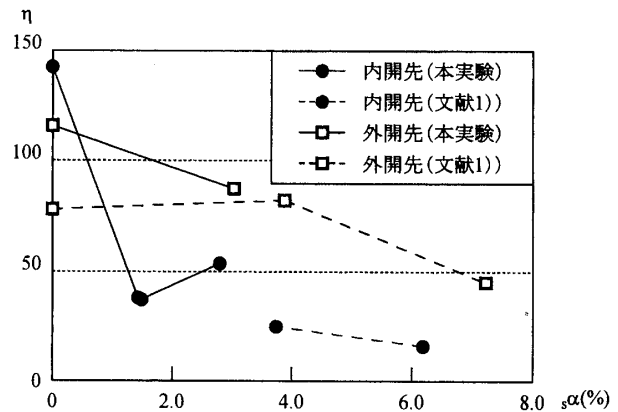


図2 累積塑性変形倍率-欠陥率関係

【参考文献】

- 1) 田中剛, 田淵基嗣: 梁端フランジ溶接部の溶接欠陥位置が梁の塑性変形能力に及ぼす影響, 鋼構造年次論文報告集, 第16巻, pp.103-110, 2008年11月
- 2) 高柳翔太, 中込忠男, 服部和徳, 崎野良比呂他: 欠陥を有する現場溶接型柱梁溶接接合部の変形能力に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.667-670, 2008年9月

Graduate Student, Dept. of Architecture, Kobe Univ.
 Prof., Dept. of Architecture, Kobe Univ., Dr. Eng
 Prof., Dept. of Architecture and Architectural Eng., Kyoto Univ., Dr. Eng
 Yamane Corporation