

エンドタブ形式および溶接条件が変形能力に与ぼす影響
塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁溶接接合部の変形能力 その8

正会員 ○津嘉田 敬章*1 同 田中 剛*2
同 吹田 啓一郎*3 同 上田 遼*1

柱梁接合部 エンドタブ
塑性変形能力 溶接条件
載荷実験

1. はじめに

本論文では前報(その3)¹⁾の試験体シリーズのうち、接合部フランジ板厚が小さいNSWシリーズと同一のT字形架構試験体を用いて、柱梁溶接接合部のエンドタブ形式および溶接施工条件を変化させた実験について報告する。また、前報^{1),2)}で示した既報の実験結果との比較も行う。

2. 試験体

表1に試験体一覧を示す。実験因子は、載荷振幅、エンドタブ形式および溶接条件であり、試験体名称の末尾の記号がシリーズ名を表す。Cシリーズは固形エンドタブを用いて溶接積層を4層4パスとして連続溶接(3パス目のパス間温度は400℃程度)した試験体である。DシリーズおよびEシリーズは鋼製エンドタブを付け放した試験体であり、それぞれ、4層5パスで温度管理を250℃としたシリーズおよび4層4パスで連続溶接としたシリーズである。表2に溶接金属の機械的性質を示す。本実験の梁フランジは、板厚16mmと比較的薄いため、パス間温度による差は見られない。なお、前報^{1),2)}のAおよびBシリーズでは、固形エンドタブを用いてDシリーズと同条件で溶接を行っている。スカラップ形式は、全てノンスカラップ形式である。

表1 試験体一覧

試験体	載荷振幅	エンドタブ	積層方法	パス間温度
NSW-1.2C	1.2 θ_p	L形固形	4層4パス	400℃
NSW-2.0C	2.0 θ_p			
NSW-3.0C	3.0 θ_p			
NSW-4.0C	4.0 θ_p			
NSW-2.0D	2.0 θ_p	鋼製	4層5パス	250℃
NSW-4.0D	4.0 θ_p			
NSW-2.0E	2.0 θ_p	鋼製	4層4パス	400℃
NSW-4.0E	4.0 θ_p			

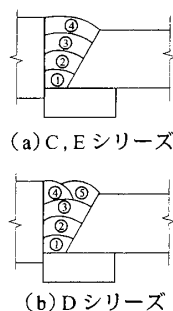


図2 積層方法

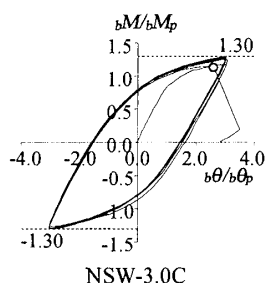


図3 復元力特性

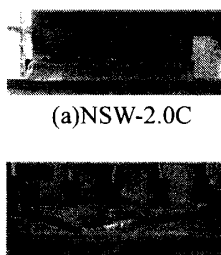


図4 破壊状況

3. 実験結果

3.1 復元力特性と破壊性状

図3に実験より得た梁端の曲げモーメントと梁部材回転角の関係の代表例を示す。図4に代表的な破壊性状を示す。試験体NSW-4.0Eを除き溶接始端の梁フランジ側溶接止端に延性亀裂が発生し、この亀裂が板厚方向およびフランジ幅方向に進展し、破壊に至った(図4(a))。試験体NSW-4.0Eでは、延性亀裂がフランジ幅方向に進展する以前に脆性亀裂に転化し、溶接金属側が破壊した(図4(b))。表3に最大耐力、終局(最大荷重の90%耐力低下時)および最終破断までのサイクル数 N_U および N_F 、累積塑性変形倍率 η_U および η_F を示す。

3.2 変形性能

図5(a)に終局までのサイクル数 N_U と載荷振幅の塑性率 μ の関係を、図5(b)に累積塑性変形倍率 η_U と μ の関係を両対数軸上で示す。同図には、前報^{1),2)}のA,Bシリーズの結果も併せて示す。固形エンドタブを用いて溶接条件を変化させたA,BシリーズとCシリーズに差は見られない。これは、梁フランジ厚が比較的薄く溶接金属の強度に差が生じなかったためと考えられる。鋼製エンドタブを用いて最終層を2パスとしたDシリーズの変形性能が全シリーズの中で最も大きく、一方、鋼製エンドタブで最終層を1パスとしたEシリーズの変形性能が全シリーズの中で最も小さい。両シ

表2 溶接金属の機械的性質

試験体シリーズ	ワイヤ	σ_y (N/mm ²)	σ_u (N/mm ²)	EL (%)	YR (%)	vE_0 (J)
C,Eシリーズ	YGW11	412	540	29.6	76	81
Dシリーズ	YGW11	419	534	29.7	78	45

vE_0 :0℃でのシャルピー吸収エネルギー

表3 実験結果一覧

試験体	$\frac{bM_{max}}{bM_p}$		サイクル数		累積塑性変形倍率	
	正載荷	負載荷	N_U	N_F	η_U	η_F
NSW-1.2C	0.98	0.96	187	200	116	127
NSW-2.0C	1.17	1.18	47	47	118	118
NSW-3.0C	1.30	1.30	14	14	77	77
NSW-4.0C	1.38	1.38	9	9	75	75
NSW-2.0D	1.20	1.19	56	60	149	156
NSW-4.0D	1.40	1.40	13	13	113	113
NSW-2.0E	1.19	1.18	26	27	70	71
NSW-4.0E	1.36	1.39	4	4	27	27

Influence of End Tab Type and Welding Condition
(Deformation capacity of welded beam-to-column connection
subjected to repeated plastic strain, Part 8)

TSUKADA Takaaki, TANAKA Tsuyoshi,
SUITA Keiichiro and UETA Ryo

リーズの変形性能の差の要因の1つとして、最終パスのフランジ板厚方向への溶込み量による影響が考えられる。文献3)は、有限要素数値解析よりフランジ板厚方向への溶込み量が多いほど、鋼製エンドタブと梁フランジの間のできるスリットの先端の歪が減少することを指摘している。鋼製エンドタブの最終層の施工方法が変形性能に与える影響については、溶接部の断面マクロ試験等により今後検討する予定である。

3.3 亀裂進展の予測

〔および〕シリーズについて、最終破断に結びついた主要な亀裂の進展状況を図6に実線で示す。横軸はサイクル数を N_U で除した値である。亀裂の進展は、前報²⁾と同様に3段階に分けることができる。亀裂が一気に進展して破断に至る第3段階に入るときのサイクル数を N_g とし、 N_g と N_U の関係を図7に示す。同図に示されるように N_g と N_U はほぼ一致し、亀裂の進展から見た溶接部の破壊限界 N_g と接合部の耐力の低下から見た変形能力の限界 N_U はほぼ一致することが分かる。

各試験体の主要な亀裂のサイクル毎の平均的な進展速度 \bar{v}_i を求め、サイクル毎の変化を図8のように模式化した。第2、第3段階の亀裂進展速度 v_1, v_2 は図中の係数 n_s, a_1, n_g, a_2 で決まり、これを実験結果から回帰分析して求めた。ただし、NSW-4.0Eは他の試験体と破壊性状が異なるため、Eシリーズは対象外とする。図9に実験から得られた各係数の値を示し、それらと振幅 μ の関係をシリーズ毎に回帰分析した結果を図中の直線で示す。得られた係数は、図9に示すとおりで、この関係を用いて亀裂進展を表した亀裂進展曲線を点線で図6に示す。予測値は実験値と概ね対応して

おり、図8の関係に基づいて得た各係数は、亀裂進展を表すのに有効である。

4. まとめ

エンドタブ形式および溶接条件を実験因子として一定振幅で繰返し荷重を行い、変形能力に与える影響を調べた。接合部の変形能力と亀裂進展との関係を検討し、実験で生じた亀裂進展と荷重振幅との関係を定量的に表した。

謝辞

本研究は科学研究費・基盤研究(A)(No.21246087)助成を受けた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 吹田啓一郎, 田中剛, 佐藤篤司, 真鍋義貴, 津嘉田敬章, 蘇鐘鈺: 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁接合部の変形能力 その3,5, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), 構造III, C-1, pp.769-772, 2010. 8
- 2) 真鍋義貴, 吹田啓一郎, 佐藤篤司, 津嘉田敬章, 田中剛, 蘇鐘鈺: 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁接合部の変形能力 その4, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東) 構造III C-1, 2011. 8
- 3) 井口智晴, 田淵基嗣, 田中剛: 断面形状の異なる柱に鋼製エンドタブを用いて溶接接合された梁の塑性変形能力, 鋼構造論文集, 第12巻第48号, pp.39~54, 2005年12月

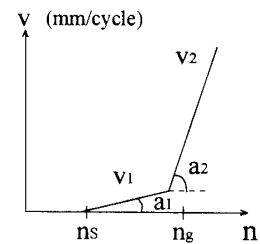
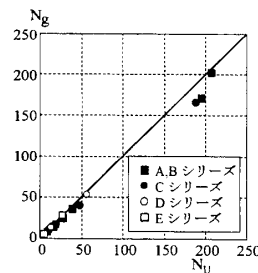


図7 N_g と N_U の関係 図8 亀裂進展速度の定義

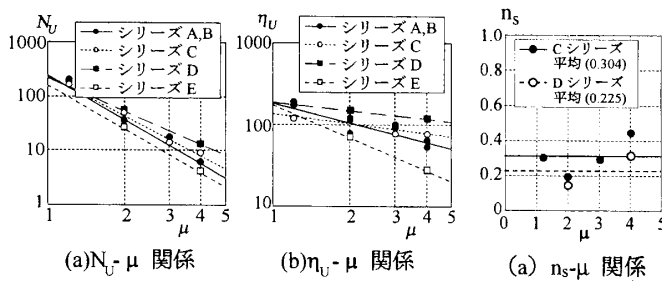


図5 全試験体の変形性能

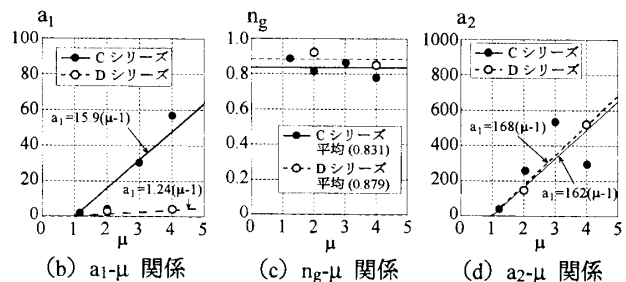


図9 亀裂進展に関する係数と振幅 μ の関係

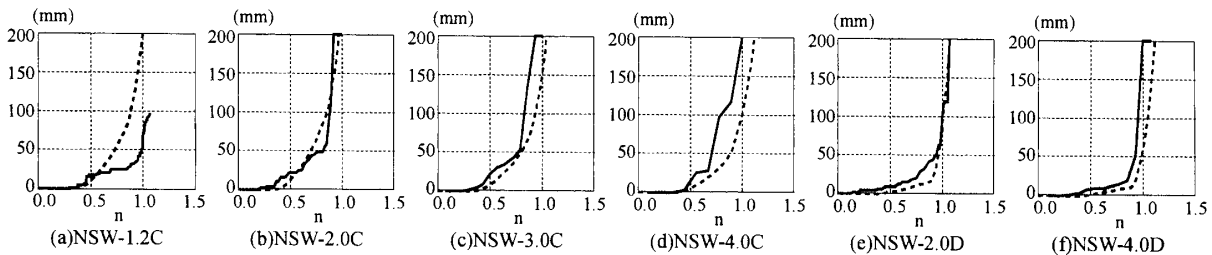


図6 実験結果一覧

*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(工学)
 *3 京都大学大学院工学研究科建築学専攻 教授, 博士(工学)

*1 Grad.Student, Dept. of Architecture, Kobe Univ.
 *2 Prof., Dept. of Architecture, Kobe Univ., Dr. Eng.
 *3 Prof., Dept. of Architecture and Architectural Eng., Kyoto Univ., Dr. Eng.