

現場溶接型柱梁溶接接合形式の変形能力に関する実験的研究

その2 実験結果及び考察

現場溶接型柱梁溶接接合部 工場溶接型柱梁溶接接合部  
変形能力 溶接欠陥 孔空きフランジ工法

正会員 戸堀 一真 \*4 同 中込 忠男 \*1  
同 服部 和徳 \*3 同 崎野 良比呂 \*2  
同 川端 洋介 \*4 同 高柳 翔太 \*4  
同 神戸 渡 \*5

1. はじめに

その1では実験概要について報告した。その2では実験結果及び考察について報告する。

2. 実験結果

図1に各試験体のパネルゾーンの変形量を考慮した荷重-変形関係及びスケルトン曲線を示す。図中の▲は破断点を示す。なお試験体MKは荷重中に座屈を起し、破断に至る前に+8サイクルで荷重を停止した。スケルトン曲線は図2に示す方法で算出した。各試験体の破壊性状は以下の通りである。

MG、MGA340: 梁フランジとスチールタブのスリット部を起点に延性亀裂が発生・進展し、脆性破壊に至った。

MKD、MGD、MGA340D: 溶接欠陥を起点に延性亀裂が発生・進展し、脆性破壊に至った。

表1に実験結果一覧を示す。変形能力と耐力の指標にはスケルトン曲線から算出される累積塑性変形倍率  $s_p$ 、耐力上昇率  $e_p$  を用いている。なお以下  $s_p$ 、 $e_p$  は最大荷重側で評価を行なうこととする。 $e_p$ 、 $s_p$  は図3に示すGeneral-Yield法により初期剛性の1/2を用いて算出した。

表2、図4に破面観察による未溶着部分の欠陥寸法を示す。溶け込みの影響により各試験体の実欠陥寸法が異なることから、欠陥寸法の評価については、図5に示す日本溶接協会WES-2805<sup>2)</sup>に示されるき裂特性寸法  $\bar{c}$  を用いた。なお、き裂特性寸法  $\bar{c}$  は様々な形状の溶接欠陥を同等に評価するものである。

3. 考察

3.1 工場溶接型と現場溶接型の変形能力

図6に累積塑性変形倍率  $s_p$ 、き裂特性寸法  $\bar{c}$  関係を示す。図中には既報<sup>1)</sup>において得られた  $s_p$ 、 $\bar{c}$  関係も同時に示している。なお既報<sup>1)</sup>に用いられた鋼材の降伏比が本実験の鋼材よりも高いため、変形能力は本実験に比べ低い結果となっている。図に示す通り、き裂特性寸法  $\bar{c}$  が大きいほど、変形能力が低下する傾向にあることが再確認できる。本実験で設定した欠陥寸法は工場溶接型接合の場合、変形能力が低下し始めるサイズであることが報告されている。しかし欠陥有りの現場溶接型試験体 MGD は、工場溶接型とき裂特性寸法  $\bar{c}$  が同等であるが、変形能力の非常に低い結果であった。これは、現場溶接接合形式と工場溶接接合形式の結果の存在位置の影響だと考える。現場溶接の下フランジ

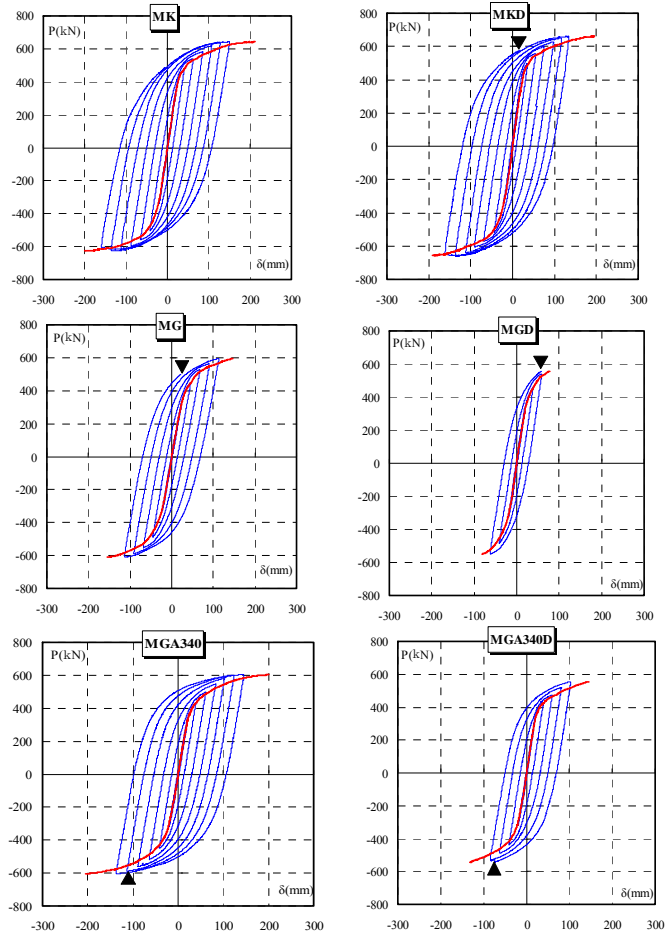


図1 荷重 変位関係及びスケルトン曲線

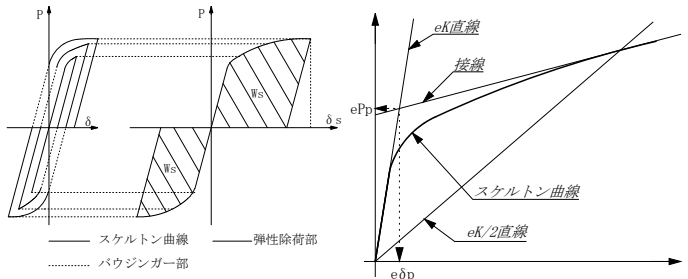


図2 スケルトン曲線算出法

図3 General-Yield法

では、裏当金がフランジ表面側に取り付けられるため、溶接部の初層に欠陥が発生した場合には、フランジ表面側に欠陥が存在することとなる。フランジ表面側は、曲げの影響により工場溶接接合形式に比べ現場溶接接合形式は溶接欠陥による破壊の危険性が増すと推測する。文献1においても線形破壊力学を用いて検

討をした結果、現場溶接接合形式の許容欠陥寸法は工場溶接接合形式に比べ小さくしなければならない事を報告している。

### 3.2 溶接欠陥の無い試験体の変形性能の比較

図7に試験体MK、MG、MGA340の累積塑性変形倍率 $\eta_s$ 比較を示す。本試験で用いた孔空きフランジ工法試験体は、工場溶接型ノンスカラップ工法試験体と同程度の変形能力を有している結果であった。それらと比べると、現場溶接型試験体の変形能力が小さいことが確認できる。

### 3.3 溶接欠陥を含む孔空きフランジ工法の変形能力と耐力

本試験体におけるき裂特性寸法 $\bar{c}$ については、表2・図4に示すとおり11.9~12.6mmという範囲の値であった。図8に試験体MG、MGD、MGA340、MGA340Dの累積塑性変形倍率 $\eta_s$ 比較を示す。欠陥の無い孔空きフランジ工法試験体の変形能力が高く、欠陥ありの孔空きフランジ工法における $\eta_s$ は、欠陥のない現場溶接型接合における $\eta_s$ と近い値を示した。また欠陥ありの現場溶接接合試験体の変形能力が低いことが確認できる。図9に同試験体の耐力上昇率 $\alpha$ 比較を示す。同図より孔空きフランジ工法では、欠陥の有無にかかわらず耐力上昇率は同程度の値であった。また、現場溶接型の場合でも、欠陥の有無にかかわらず同程度の値であった。

### 4. まとめ

本報では工場溶接ノンスカラップ工法試験体と現場溶接型試験体を用いた実験を行い、既往データを含めた比較を行った。得られた知見を以下に示す。

- 1) 工場溶接接合ノンスカラップ工法と本仕様の孔空きフランジ工法は、同程度の変形性能を有している結果であった。
- 2) 現場型接合形式は、工場型ノンスカラップ形式と比較し、溶接欠陥による変形能力の低下が大きい。既往の研究において工場型ノンスカラップは、き裂特性寸法が10mmを超えると変形能力が低下することが報告されているが、現場型では、10mm以下でも変形能力が低下する事を示唆した。
- 3) 現場型柱梁溶接接合において変形能力を低下させ得る寸法の溶接欠陥を含む場合においても、孔空きフランジ工法を適用する事で変形能力の低下量を抑える事が出来た。

【謝辞】本実験は平成19年度科学研究費補助金「基盤研究(B)」有孔フランジ工法を用いた現場型柱梁溶接接合部の変形能力に関する研究(課題番号19360248)によるものです。実験を行なうにあたり(株)角藤には試験体作製に御協力頂きました。また、中部鋼鉄(株)、ナカジマ鋼管(株)には鋼材を御提供頂きました。ここに深く謝意を表します。  
 【参考文献1】日本鋼構造協会:建築鉄骨梁端溶接部の超音波探傷検査指針,2008,1 2)服部和徳,中込忠男,市川祐一:孔空きフランジ方式を用いた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,日本建築学会構造系論文集 第585号 pp.155-161,2004.11 3)日本建築学会:建築工事標準仕様書JASS6鉄骨工事 2007.2 4)中込忠男,服部和徳,市川祐一,的場耕,岩田衛:溶接欠陥を有する柱梁溶接接合部の変形能力に関する実験的研究,日本建築学会構造系論文集 第556号 pp.145-150 2002.6 5)日本溶接協会:WES2805 2007「溶接継手のぜい性破壊発生及び疲労き裂進展に対する欠陥の評価方法」,2007.11

表1 実験結果一覧

試験体名	終局時期		$eP_p$ (kN)	$e\delta_p$ (mm)	$eP_{max}$ (kN)	$e\delta_{max}$ (mm)	$\alpha$	$\eta_s$
MK	+8で停止	+	489	29.26	644	149.87	1.32	11.4
		-	-481	-29.51	-627	-159.56	1.29	10.5
MKD	+8	+	509	27.89	659	134.78	1.35	10.8
		-	-491	-28.55	-658	-161.29	1.35	10.2
MG	+6	+	461	32.78	596	112.89	1.31	6.6
		-	-477	-33.07	-611	-113.34	1.34	7.3
MGD	+4	+	471	27.97	557	82.67	1.22	2.6
		-	-448	-26.49	-550	-63.14	1.21	2.8
MGA340	-7	+	426	26.61	603	145.63	1.32	10.6
		-	-407	-26.05	-605	-136.76	1.33	10.7
MGA340D	-5	+	412	24.90	556	103.00	1.22	6.7
		-	-385	-24.21	-544	-84.32	1.19	5.6

$eP_p$ : 梁の全塑性耐力  $e\delta_p$ : 全塑性耐力時の梁の変形量  $eP_{max}$ : 最大荷重  $e\delta_{max}$ : 最大変位  $\alpha$ : 耐力上昇率 ( $=P_{max}/P_p$ )  
 $\eta_s$ : 累積塑性変形倍率 ( $=W_s/(c_p \times c_p)$ )  $W_s$ : スケルトン吸収エネルギー

表2 実欠陥寸法

試験体名	a(mm)	b(mm)	$\bar{c}$ (mm)
MKD	25.0	10.0	11.9
MGD	30.0	9.0	12.3
MGA340D	24.0	11.5	12.6

a: 欠陥長さ (mm) b: 欠陥高さ (mm)  
 $\bar{c}$ : き裂特性寸法 (mm)

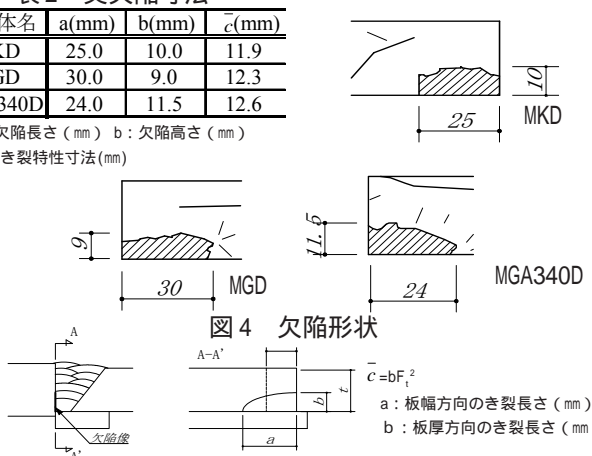


図4 欠陥形状

図5 き裂特性寸法算出方法

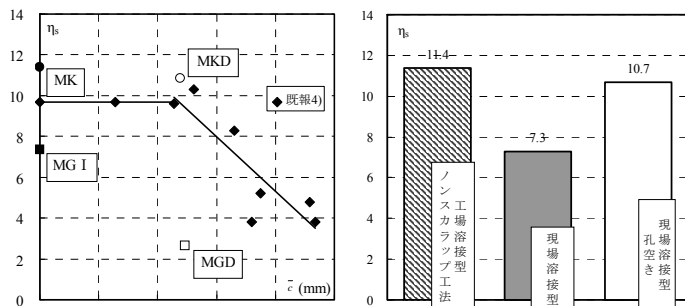


図7 比較

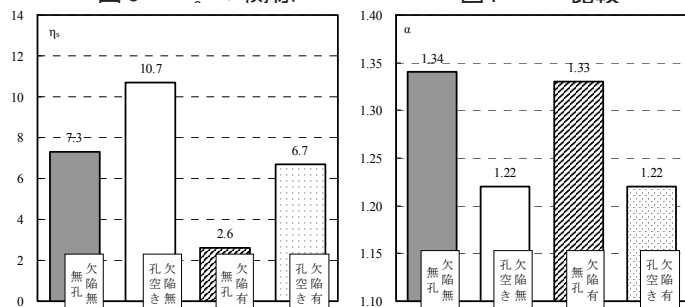


図8 比較

図9 比較

\*1 信州大学工学部建築学科 教授・工博  
 \*2 大阪大学接合科学研究所 助教・博士(工学)  
 \*3 (財)ベターリビング つくば建築試験研究センター 博士(工学)  
 \*4 信州大学大学院生  
 \*5 東京理科大学工学部第一部建築学科 助教・博士(工学)

\*1 Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Shinshu Univ., Dr. Eng.  
 \*2 Assist.prof., Joining and Welding Research Institute, Osaka Univ., Dr. Eng.  
 \*3 Tsuba Building Test Laboratory of Center for Better Living., Dr. Eng.  
 \*4 Graduate student, Faculty of Engineering, Shinshu Univ.  
 \*5 Assistant Prof., Dept. of Arch., Faculty, of Eng., Tokyo Univ. of Science, Dr. Eng.