

梁材にSA440 鋼を用いた柱梁溶接接合部の变形能力に関する実験的研究

その1 実験概要

現場溶接接合形式 工場溶接接合形式  
变形能力 SA440 鋼 孔空きフランジ工法

正会員 藤牧 勇太 \*2 同 中込 忠男 \*1  
同 川端 洋介 \*2 同 戸堀 一真 \*3  
同 崎野 良比呂 \*4 同 服部 和徳 \*5  
同 石井 匠 \*6

1. はじめに

近年、構造計画の多様化に伴い開発された新材料の一つにSA440 鋼(60 キロ鋼)があり、従来の60 キロ鋼(SM570)と比べると低降伏比であるが、40 キロ、50 キロ鋼と比べると降伏比は高めである。例えば文献1では、降伏比が高い鋼材を梁材に用いた場合、その变形能力は低下する傾向にあることが確認されている。また、60 キロ鋼は、コスト面、輸送時の効率化等の理由から、現場溶接接合形式の使用率が高い。しかし、工場溶接接合形式に対して、溶接部の品質に問題点<sup>2)</sup>を含み、变形能力が相対的に低くなる傾向にある。

一方、現場溶接接合形式において、梁フランジにドリル等で孔を空けるだけの比較的容易な施工で变形能力を向上させる孔空きフランジ工法が提案されている。その効果は梁材にSM490 鋼を用いた実験により実証されている<sup>3)</sup>。

そこで本研究ではSA440 鋼のように降伏比が相対的に高い場合に、孔空きフランジ工法が現場溶接接合形式の变形能力に及ぼす影響を実大破壊試験により検討する。

2. 実験概要

2.1. 試験体形状

本研究では実大ト型試験体による実験を行なった。図1 に試験体形状及び設置状況を示す。部材に関して、梁部材に組立H 形鋼BH-600 x 200 x 19 x 28 (SA440B)、柱部材に組立H 形鋼BH-400 x 400 x 32 x 32(SA440B)、水平スチフナにはPL-32(SA440B)を用いた。また、柱ウェブ両面にダブルプレートPL-19 (SA440B)を部分溶け込み溶接して補強した。

図2 に接合部詳細を示す。工場溶接型は、上下フランジ外開先とし、完全溶け込み溶接とした。溶接ワイヤーはYGW21(1.2)を用い、入熱30kJ/cm以下、パス間温度350以下で管理した。現場溶接型は、通常下側梁フランジの開先は内開先、上側梁フランジの開先は外開先とするが、実験のため上下フランジ共に内開先とし、工場溶接型と同様に溶接を行なった。溶接始末端部にはスチールタブを用い、スカラップ形状は建築工事標準仕様書JASS6 鉄骨工事にて推奨されている複合円型とし、梁ウェブと柱はシャーププレートにより高力ボルト摩擦接合とした。

供試鋼材の機械的性質及び化学成分のミルシート値

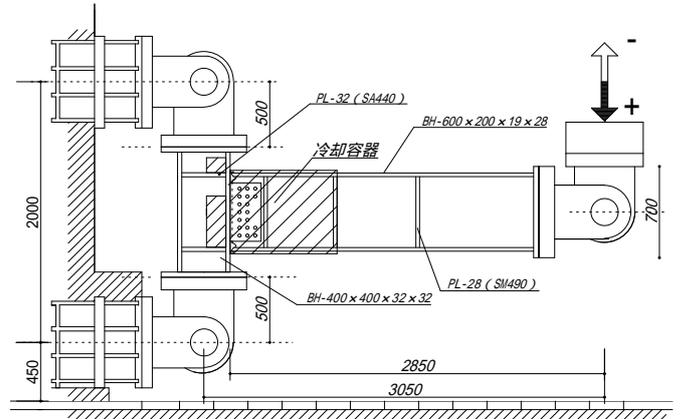


図1 試験体形状及び载荷状況

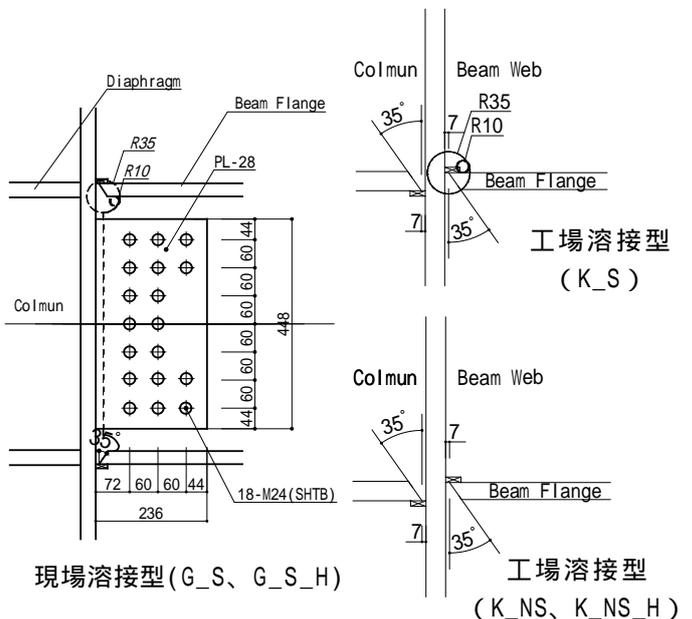


図2 接合部詳細図

表1 機械的性質(ミルシート値)

試験体	板厚(mm)	Y.P.(N/mm <sup>2</sup> )	T.S.(N/mm <sup>2</sup> )	Y.R.(%)	EL.(%)	E <sub>0</sub> (J)	
SA440B	梁フランジ	28	489	632	77	48	321
	梁ウェブ	19	491	641	76	45	315
	柱フランジ	32	499	641	78	48	316
	柱ウェブ						

表2 化学成分(ミルシート値)

試験体	板厚(mm)	化学成分(%)											
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Nb	Mo	V	Cr	Ceq	
SA440B	梁フランジ	28	8	23	142	10	1	1	1	35	4	3	42
	梁ウェブ	19	8	23	142	10	1	1	1	35	4	3	42
	柱フランジ	32	8	22	144	8	1	1	1	36	4	4	43
	柱ウェブ												

Experimental study on deformation capacity of beam-to-column welded connection using SA440 for beam

Part1 Outline of Experiment

を表1、表2に示す。また、SA440鋼のような高強度の鋼材は溶接の際の入熱により熱影響部が軟化する事が指摘されており<sup>4)</sup>、本試験体の溶接条件においても硬さ試験を行った結果、軟化域の存在が確認された。ビッカース硬さ試験結果を図3に示す。

### 2.2. 実験パラメータ

試験体は現場溶接型、現場溶接型孔空きフランジ工法試験体に加え、工場溶接スカラップ工法、工場溶接型ノンスカラップ工法、工場溶接型にノンスカラップ工法と孔空きフランジ工法を組み合わせた試験体の5体とした。実験パラメータを表3に示す。

孔空きフランジ工法を用いた試験体に関しては、既報において応力比  $\gamma$  が変形能力に関係しており、 $\gamma = 1.07$  以上で十分な変形能力が得られると報告されていることから<sup>3)</sup>、本実験においても  $\gamma = 1.07$  とした。応力比は式(1)より算出し、図4に応力比算出方法模式図を示す。

$$\sigma_h = \frac{M_h}{Z_{ph}} \quad \sigma_f = \frac{M_f}{Z_{pf}}$$

$$M_h = P \times (L - a) \quad M_f = P \times L$$

$$\text{応力比 } \gamma = \frac{\sigma_h}{\sigma_f} = \frac{Z_{pf} \times (L - a)}{Z_{ph} \times L} \quad \dots (1)$$

- $\sigma_h$ : 孔欠損(梁端から最も近い孔)を有する断面の応力
- $\sigma_f$ : スカラップ欠損を考慮した梁端部の応力
- $Z_{ph}$ : 孔欠損(梁端から最も近い孔)を有する断面の塑性断面係数
- $Z_{pf}$ : スカラップ欠損を考慮した梁端部の塑性断面係数
- $L$ : 柱表面から加力点までの距離(=2850mm)
- $a$ : 柱表面から孔欠損(梁端から最も近い孔)を有する断面までの距離

### 2.3. 荷重方法

試験体は、図1に示すように柱両端をピン支持とし、梁端にピン支持でアクチュエータに取り付け鉛直荷重を加えた。柱表面から梁材軸方向に800mmまでの部分と柱の1/2までの部分(図1中斜線部)を設定温度で30分保持した後に荷重し、荷重中も設定温度を保持した。尚、試験体K\_NS\_Hのみ設定温度を-20とし、他の4体は0とした。試験体荷重振幅は、スカラップ欠損を考慮した梁端部の全塑性時における変形量  $\epsilon_p$  を基準に0.5倍、1倍、2倍・・・7倍まで漸増させる正負交番繰返し荷重とし、7倍を超えて破断しない場合は+側方向に試験機のストローク限界まで荷重した。図5に荷重履歴を示す。

### 4. まとめ

その1では実験概要について報告した。

#### 【参考文献】

- 1) 中込忠男、的場耕、岩田衛：梁材の力学的性能が柱梁溶接接合部の変形能力に与える影響に関する実験的研究，日本建築学会構造系論文集540号 pp.111-117 2001.2
- 2) 中込忠男、服部和徳：梁端現場溶接接合が抱える課題：パネルディスカッション資料 日本建築学会大会(東北) pp.3-10 2009.8

- \*1 信州大学工学部建築学科 教授・工博
- \*2 信州大学工学部 大学院生
- \*3 信州大学工学部 元大学院生
- \*4 大阪大学接合科学研究所 助教・博士(工学)
- \*5 (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)
- \*6 JFEスチール(株) スチール研究所 土木・建築研究部

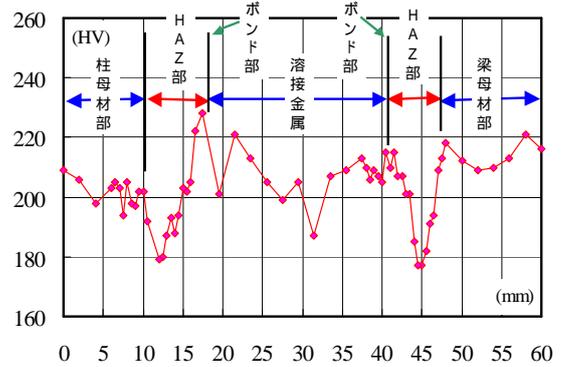


図3 硬さ試験結果

表3 実験パラメータ

試験体名	接合形式	スカラップ	梁端ディテール	温度(°C)	$\epsilon_p$ (mm)	$\epsilon_{\delta p}$ (mm)
G_S	現場溶接型	有	-	0	733	27.11
G_S_H		有	孔空きフランジ	0		
K_S		有	-	0		
K_NS	工場溶接型	-	ノンスカラップ	0	791	27.09
K_NS_H		-	ノンスカラップ 孔空きフランジ	-20		

$\epsilon_p$ : 全塑性耐力(計算値)  $\epsilon_{\delta p}$ : 全塑性耐力時の変形量(計算値)

表4 孔空きフランジ工法パラメータ

試験体名	応力比 $\gamma$	孔径 $\phi$ (mm)	孔位置 $a$ (mm)	孔列
G_S_H	1.07	37	405	4
K_NS_H		30	436	4

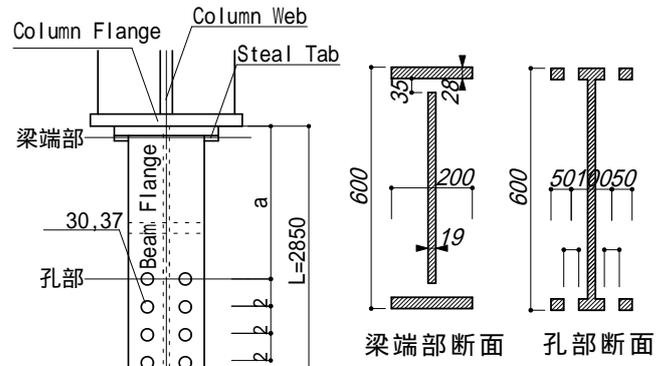


図4 応力比算出模式図

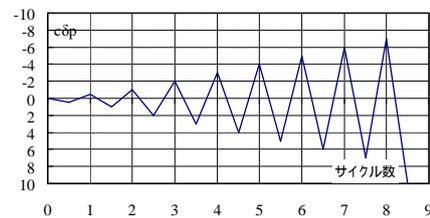


図5 荷重履歴

- 3) 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585号 pp.131-138 1999.1
- 4) 中込忠男、山田文富、市川祐一、的場耕、村井正敏：SA440鋼を用いた柱梁溶接接合部の力学的性能に関する実験的研究，日本建築学会構造系論文集515号 pp.155-161 2004.11
- 5) 中込忠男、服部和徳、崎野良比呂、戸堀一真：孔空きフランジ工法による現場柱梁溶接接合部に関する研究 その1、2 溶接学会全国大会講演梗概 pp.300-303 2008.8