

梁材にSA440鋼を用いた柱梁溶接接合部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

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

正会員 川端 洋介*2 同 中込 忠男*1
同 藤牧 勇太*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

本報では、その1で概要を示した実験の結果と考察を報告する。

2. 実験結果及び考察

2.1. 実験結果一覧

図1にスケルトン曲線の算出方法を示す。本研究において変形能力並びに耐力の評価は、スケルトン曲線から算出される累積塑性変形倍率 η_s 、耐力上昇率を用いた。スケルトン曲線は、単調载荷された鋼部材の荷重(P)-変形(δ)曲線に等価であり、地震荷重のようなランダムな外力を受ける鋼部材の変形能力を評価する上で有効な指標となり得る。実験結果一覧を表1に示す。また、図2に各試験体のP- δ 関係及びスケルトン曲線を示す。尚、試験体K_NSは局部座屈を起こして荷重が低下したが、試験機のストローク限界を超えた時点で载荷を停止した。

2.2. 破壊性状

破断に至らなかった試験体K_NSを除いた試験体4体の破壊性状は以下の通りである。

- G_S: 柱フランジ熱影響部を起点に脆性破壊した。
- G_S_H: 梁フランジとスチールタブのスリット部から溶接止端部に入った延性亀裂が進展し、延性亀裂先端を起点として脆性破壊に至った。
- K_S: スカラップ底に入った延性亀裂が進展し、延性亀裂先端を起点として脆性破壊に至った。
- K_NS_H: 梁フランジ熱影響部を起点に脆性破壊した。

2.3 変形能力

図3に累積塑性変形倍率 η_s の比較を示す。 η_s の比較についてはすべて-側の値を用いた。設定温度を0に設定した試験体の累積塑性変形倍率 η_s の大小関係は工場溶接型ノンスカラップ工法>現場溶接型孔空きフランジ工法>工場溶接型スカラップ>現場溶接型スカラップの順になった。また、工場溶接型においてノンスカラップ工法と孔空きフランジ工法の両方を用いた試験体K_NS_Hは設定温度を-20とし、より脆性破壊しやすい条件で载荷したにも関わらず、工場溶接型スカラップ試験体K_Sと同等の変形能力を示した。

図4に既報の実験結果⁴⁾と共に累積塑性変形 η_s -降伏比Y.R.関係を示す。図中の白抜きは既報の実験結果を表す。降伏比別に比較を行なうと、工場溶接型ノンスカラップ工法、現場溶接型孔空きフランジ工法試

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

Part2 Result of experiment and consideration

表1 実験結果一覧

試験体名	終局時期	加力方向	cP_{max} (kN)	$c\delta_{max}$ (mm)	$c\delta_{smax}$ (mm)	W_s (kN·mm)	α	η_s
G_S	+5	+	939	101.64	104.25	45718	1.28	2.3
		-	944	101.36	108.28	52401	1.29	2.6
G_S_H	-8	+	890	187.03	160.90	90788	1.21	4.6
		-	927	183.98	187.75	114191	1.26	5.7
K_S	+6	+	1032	116.38	126.02	73019	1.41	3.7
		-	1038	128.66	141.90	87528	1.42	4.4
K_NS	-	+	1104	300.97	178.35	127481	1.40	5.9
		-	1083	174.97	204.62	156306	1.37	7.3
K_NS_H	+6	+	958	133.86	139.14	76512	1.21	3.6
		-	993	130.93	156.69	91170	1.26	4.3

P_{max} : 最大荷重 δ_{max} : 最大変位 δ_{smax} : スケルトン最大変位
 W_s : スケルトン曲線による吸収エネルギー α : 耐力上昇率 ($=cP_{max}/cP_p$)
 η_s : 累積塑性変形倍率 ($=W_s/(cP_p \times c\delta_p)$) : 破断側

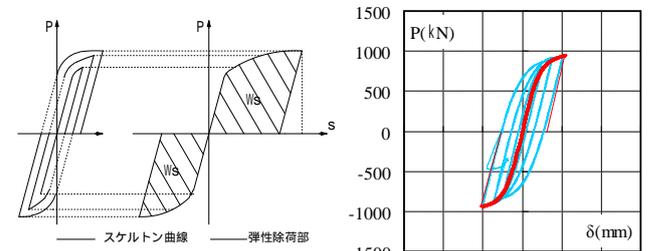


図1 スケルトン曲線算出方法

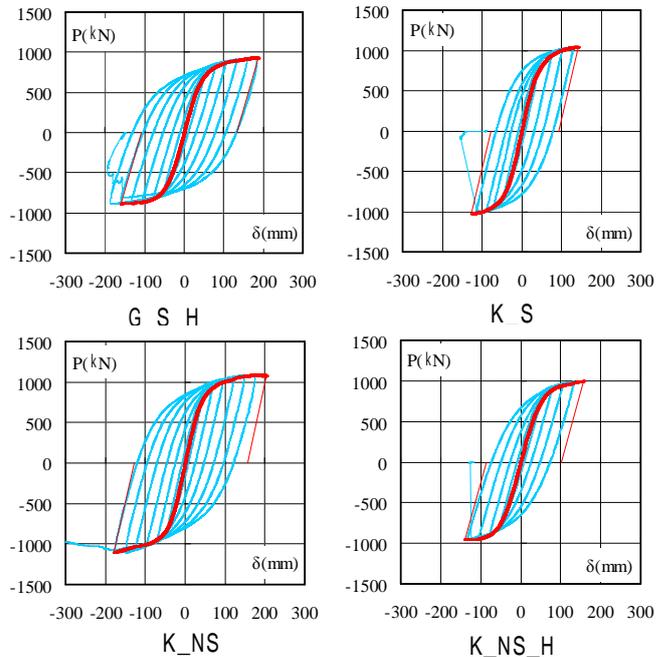


図2 荷重(P)-変形(δ)関係及びスケルトン曲線

験体の変形能力は現場溶接型試験体よりも高く、特に梁材に降伏比65%以下の鋼材を用いた既報の実験結果では、累積塑性変形倍率 η_s の値が10以上と高い値を示している。一方、梁材にSA440鋼を用いた場合は、孔空きフランジ工法試験体G_S_Hは孔空きフランジ工法を用いていない現場溶接型試験体G_Sから2倍以上変形能力が向上しているものの、相対的に変形能力が低く、降伏比が高い程、全ての接合部ディテールにおいて変形能力が低くなる傾向がある。

図5に梁のエネルギー吸収 W_s -降伏比Y.R.関係を示す。また、図6に孔空きフランジ工法試験体の孔空きフランジ工法を用いていない現場溶接型試験体に対する累積塑性変形倍率 η_s の上昇割合と降伏比の関係を示す。変形能力は降伏比が高くなるほど低くなる傾向にあるが、孔空きフランジ工法を用いた場合に、実際に梁が吸収したエネルギーは降伏比と正の相関があり、梁材にSA440鋼を用いた孔空きフランジ工法試験体とノンスカラップ工法試験体の値が非常に高いことが見て取れる。また、降伏比が高い程 η_s 上昇率も高い値を示している。孔空きフランジ工法は孔空きフランジ工法を用いていない現場溶接型試験体の変形能力が低い程、その効果をより発揮する結果となった。

2.4. 歪分布性状

図7に歪ゲージ貼付け位置、図8に材軸方向歪分布(引張側)比較を示す。ここでの歪は荷重(P)-歪(ϵ)関係から図1に示す方法と同様に求めたスケルトン歪を採用し、履歴ループにおける3 σ_p 時の歪とした。

試験体G_S、K_Sは比較的梁端部に歪が集中しているが、孔空きフランジ工法及びノンスカラップ工法を用いた試験体は梁端部の歪が低減されている。特に孔空きフランジ工法を用いた試験体G_S_H、K_NS_Hは梁端部から離れた位置も積極的に変形しているのが見て取れる。また、孔部が梁端部に対して負担している歪(第一孔部の歪/柱フェイスから35mmの歪)の割合で比較すると、孔空きフランジ工法を用いていない試験体3体では0.35以下に対して、試験体G_S_H:1.16、試験体K_NS_H:1.01であり、孔部でエネルギーを吸収していると考えられる。

3. まとめ

- 1) 梁材の降伏比が高い場合にも孔空きフランジ工法を用いることでノンスカラップ工法と同様、大幅に変形能力が向上した。
- 2) 梁材の降伏比が高い場合、降伏比が低い場合に比べると、孔空きフランジ工法を用いても累積塑性変形倍率 η_s の値は低いが、孔空きフランジ工法を用いていない現場型からの η_s 向上率は非常に高い。

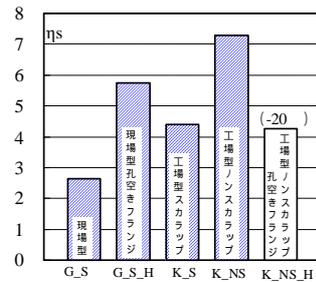


図3 累積塑性変形倍率 η_s 比較

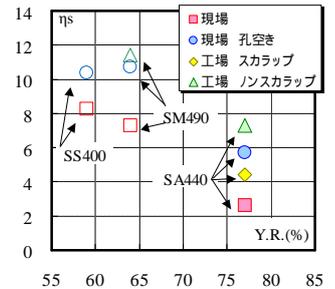


図4 η_s -Y.R.関係

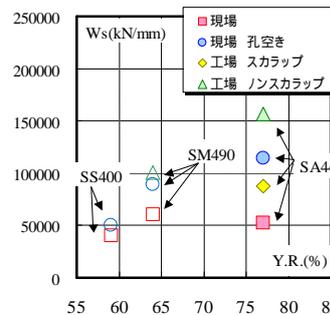


図5 W_s -Y.R.関係

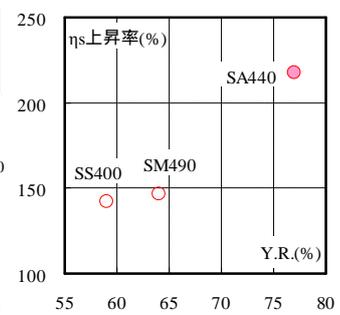


図6 η_s 上昇率-Y.R.関係

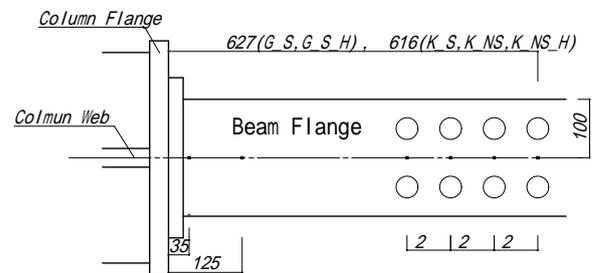


図7 歪ゲージ貼付け位置

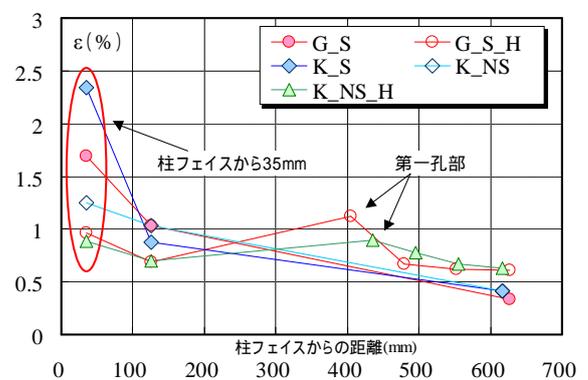


図8 歪分布比較

【参考文献】
その1に示す。

【謝辞】 実験を行うにあたり(株)角藤には試験体作製に御協力頂きました。ここに深く謝意を表します。

*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

*1 Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Shinshu Univ., Dr. Eng.
*2 Graduate student, Faculty of Engineering, Shinshu Univ.
*3 Former Graduate student, Faculty of Engineering, Shinshu Univ.
*4 Assist. prof., Joining and Welding Research Institute, Osaka Univ., Dr. Eng.
*5 Tukuba Building Test Laboratory of Center for Better Living., Dr. Eng.
*6 JFE Steel Corporation STEEL RESEARCH LABORATORY Civil Engineering Research Dept.