

スカラップの有無が変形能力に及ぼす影響 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6

正会員 ○高塚康平* 同 吹田啓一郎**
同 田中剛*** 同 真鍋義貴****

柱梁溶接接合部 載荷実験 塑性変形能力 スカラップ 亀裂進展

1. はじめに

本論文は前報その3¹⁾の試験体のうち鋼管壁厚が大きいノンスカラップ形式のNSSシリーズと同一柱梁溶接接合部に、図1に示す複合円型のスカラップを設けた試験体を対象とし、スカラップの有無による変形性能の相違を調べた。また前報^{1)~3)}で示した既往の実験結果との比較も行う。表1に載荷振幅を、表2にノンスカラップ形式(NSS)とスカラップ形式(SCS)の力学性能を示す。

2. 実験結果

2.1 復元力特性と破壊性状

図2にSCSシリーズの振幅が異なる4つの実験で得た梁端の曲げモーメントと梁部材回転角の関係を示し、表3に最大耐力と終局、最終破断までのサイクル数 N_U 、 N_F を示す。また試験体の破壊性状の一例としてSCS-2.0の結果を図3に示す。亀裂はスカラップ底と梁フランジ溶接部の両端や中央から発生して、徐々に進展し、スカラップ底で生じた亀裂が梁フランジを貫通して外側表面に現れ、溶接端部からの亀裂とつながり最終破断に至った。

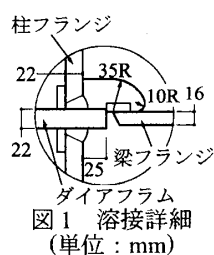


表2 各形式の力学性能

実験	cM_p/bM_p	cM_p/bM_p	m	jM_{fu} (kN・m)	jM_{wu} (kN・m)	jM_{fu}/bM_p
NSS	1.38	1.83	1.00	819	214	1.40
SCS	1.44	1.92	1.00	819	155	1.32

bM_p : 梁の全塑性モーメント (=740kN・m)
 cM_p, pM_p : 柱、パネルの降伏モーメント
 m : 梁ウェブ接合部の最大曲げ耐力比
 jM_{fu}, jM_{wu} : 梁フランジ、ウェブ接合部の最大曲げ耐力
 jM_u : 梁端接合部の最大曲げ耐力 ($=jM_{fu} + jM_{wu}$)

表1 実験名称

実験名	振幅
SCS-1.2	$1.2\theta_p$
SCS-2.0	$2.0\theta_p$
SCS-3.0	$3.0\theta_p$
SCS-4.0	$4.0\theta_p$

表3 各実験の最大耐力と各時点のサイクル数

実験名	正載荷時 bM/bM_p	負載荷時 bM/bM_p	サイクル数		
			終局 N_U	最終破断 N_F	貫通 N_{sc}
SCS-1.2	0.983	0.993	89	100	85
SCS-2.0	1.21	1.18	31	33	30
SCS-3.0	1.35	1.34	6	7	6
SCS-4.0	1.45	1.40	4	5	4

2.2 試験体の変形性能

載荷振幅やスカラップの有無などによる変形性能の違いについて検討する。梁の塑性率 μ と N_U の関係を図4(a)に、 μ と終局に至るまでの累積塑性変形倍率 η_U の関係を図4(b)に示す。2種類の鋼種ともに両対数軸上で線形関係があり、 μ が大きくなるほどいずれも変形性能が低下する。またノンスカラップ形式の方がスカラップ形式より変形性能が高いが、梁母材よりも溶接金属の強度が大きい400N級鋼梁の方が490N級鋼梁に比べいずれの形式においても変形性能は高い。ここで490N級鋼梁同士で比べると、スカラップ形式の変形性能が最も低く、ノンスカラップ形式で鋼管壁厚が小さく梁端接合部の最大曲げ耐力が低いNSWシリーズよりもさらに劣っている。

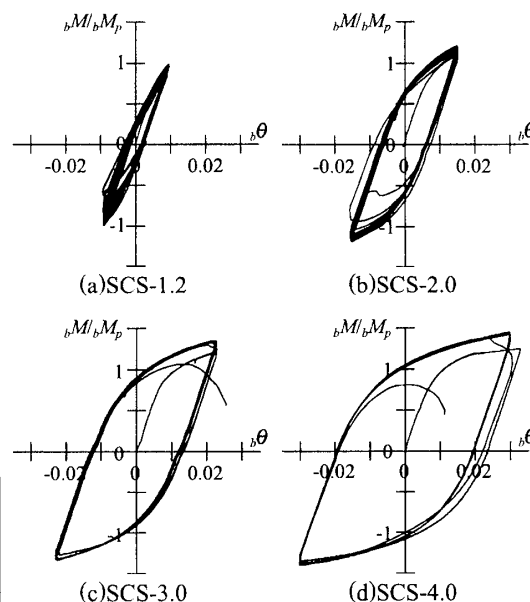


図2 復元力特性 (SCSシリーズ)

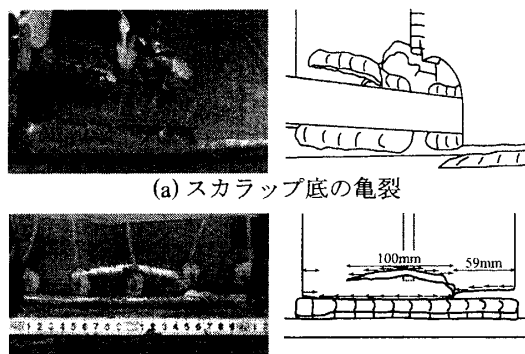


図3 SCS-2.0の最終破断後の状況

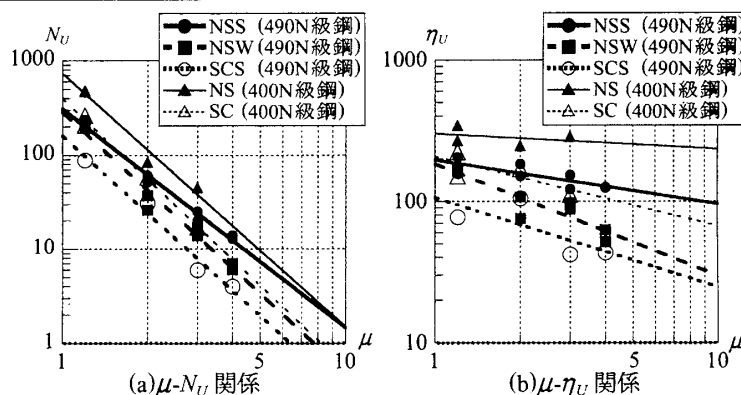


図4 全試験体の変形性能

Influence of weld access hole on deformation capacity of moment connection with SN490 steel beams

(Deformation capacity evaluation of welded beam-to-column connection subjected to repeated plastic strain, Part6)

TAKATSUKA Kohei, SUITA Keiichiro, TANAKA Tsuyoshi, MANABE Yoshiki

2.3 亀裂の進展

梁フランジ溶接端部やスカラップ底から生じる亀裂は、前報と同様に①亀裂が発生しない段階、②亀裂が発生し徐々に進展する段階、③亀裂が急激に進展する段階の3段階に分けられるが、SCSシリーズの溶接端部からの亀裂には③段階が見られないものがあつた。またSCS, NSSシリーズの③段階に至るサイクル数 N_g と N_U の関係を図5(a)に、SCSシリーズのスカラップ底の亀裂が梁フランジを貫通するサイクル数 N_{sc} と N_g の関係を図5(b)に示す。これらがほぼ一致していることから、梁端の耐力から見た変形性能の限界と亀裂から見た変形性能の限界、特にSCSシリーズのスカラップ底では梁フランジを貫通する時点がほぼ一致すると考えられる。よってこの変形性能の限界である終局を基準とし、これをSCSシリーズは N_{sc} 、NSSシリーズは N_g で評価する。この N_{sc} 、 N_g でサイクル数 N を除いた値を横軸にとり、最終破断に結びついた主要な亀裂の進展を図6に示す。なおSCSシリーズは変形性能の限界まで追従できたスカラップ底の亀裂進展についてのみ検討する。

2.4 亀裂進展の予測

NSS, SCSシリーズのサイクル毎の平均的な亀裂進展速度 $\bar{v}$ を求め、その変化を亀裂長さと同様図7のように3段階に分類し、各係数を実験値の回帰分析により求めた。その実験値と回帰分析結果を図8に示す。ここで n_s は平均値を用い、 a_1 と a_2 は $(\mu-1)$ と線形関係があるとした。 a_1 は μ と線形関係があると考えられるが、 a_2 は亀裂が急激に進展する段階であるためばらつきが大きく、良好な線形関係は得られなかった。これらの結果を用いて v_1 と v_2 をそれぞれ積分して得た亀裂進展をNSS, SCSそれぞれについて図9に示す。振幅によって異なった曲線を描いており、 $\mu=1.2$ を除き μ が大きくなるほど終局時の亀裂長さが小さく、振幅による変形性能の差が現れている。この関係

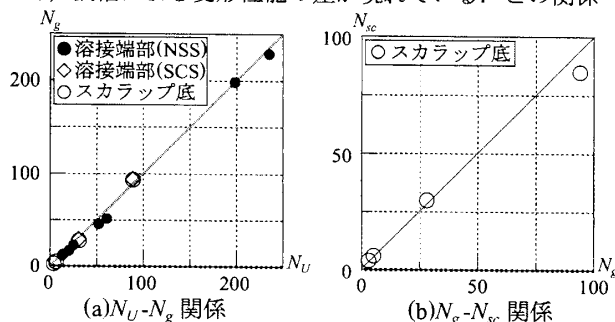


図5 変形性能の限界

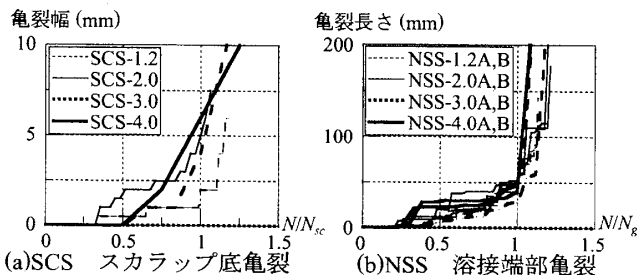


図6 主要亀裂の進展

に基づいてスカラップの有無や振幅による変形性能の限界の違いが定量的に評価できると考えられる。

4. まとめ

鋼構造柱梁溶接接合部に対し、一定振幅正負交番繰返し载荷を行うことで、柱梁溶接接合部のスカラップの有無による変形性能の違いや破壊性状を検討し、スカラップの有無や振幅による変形性能の違いを定量的に評価した。

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, 真鍋義貴, 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溶接接合部の変形能力 その3, その5, 日本建築学会大会梗概集(北陸) C-1 構造Ⅲ, pp.769-772, 2010.8
- 2) 吹田啓一郎, 橋田勇生, 佐藤篤司: 塑性歪振幅を受ける鋼構造柱梁溶接接合部の変形能力 その1, その2, 日本建築学会大会梗概集(東北) C-1 構造Ⅲ, pp.393-400, 2009.6
- 3) 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溶接接合部の変形能力 その4, 日本建築学会大会梗概集(関東) C-1 構造Ⅲ, 2011.8

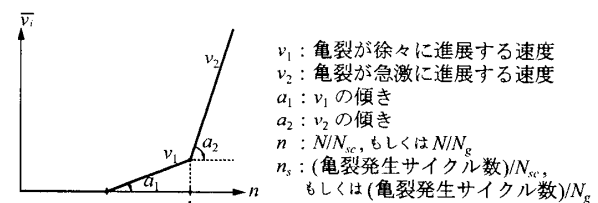


図7 亀裂進展速度の定義

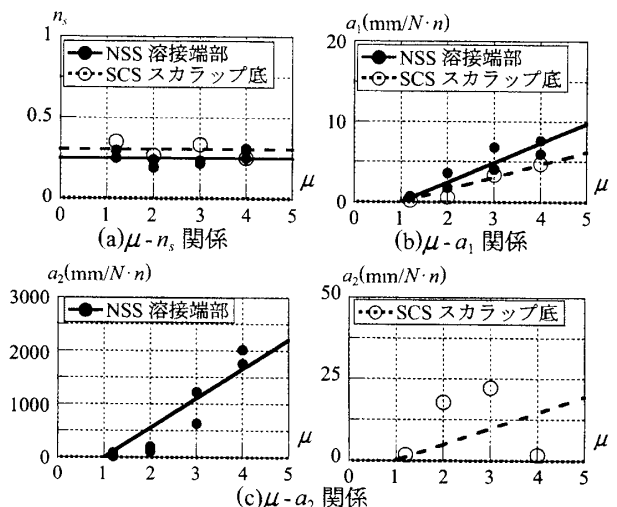


図8 亀裂進展に関する係数

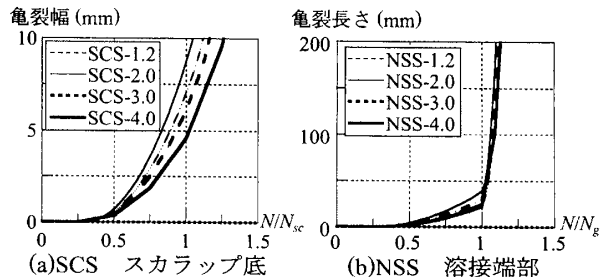


図9 亀裂進展計算値

* 京都大学工学部建築学科
 ** 京都大学大学院工学研究科建築学専攻 教授・博士(工)
 *** 神戸大学大学院工学研究科建築学専攻 教授・博士(工)
 **** 京都大学大学院工学研究科建築学専攻 修士課程

Student, Undergraduate School of Architecture, Kyoto Univ.
 Prof., Dept. of Architecture and Architectural Engineering, Kyoto Univ. Dr. Eng.
 Prof., Dept. of Architecture, Kobe Univ. Dr. Eng.
 Graduated Student, Dept. of Architecture and Architectural Engineering, Kyoto Univ.