

二段階変動振幅による載荷履歴が変形能力と亀裂進展に及ぼす影響

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7

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

柱梁接合部 塑性変形能力 載荷実験 接合部強度 亀裂進展 変動振幅

1. はじめに

長周期地震動のように継続時間が長い地震動を受ける鋼構造建物は、比較的小さな振幅による多数回の繰返し塑性変形に対する変形能力が問題となる。本研究はこのような場合にも対応した鋼構造柱梁接合部の変形性能を評価することを目的とし、累積塑性変形倍率、サイクル数を主な評価指標として、疲労の考え方に準じて累積の損傷度を分析することを考えた。

前報1), 2) では梁がH-500×200×10×16(SN490B)、柱が□-350×350×22(BCR295)の通しダイヤフラム形式の柱梁接合部を対象に、ノンスラップ工法により接合された試験体を用い、図1に示す載荷装置を用いて一定振幅の正負交番繰返し載荷実験を行い、振幅と変形性能の関係を調べた。実験では、梁端の曲げモーメントが梁の全塑性モーメントに達したときの梁の回転角の弾性成分 θ_p を基準として、 $1.2\theta_p$, $2.0\theta_p$, $3.0\theta_p$, $4.0\theta_p$ の定振幅とした。実験で得られた振幅ごとの終局に至るまでのサイクル数 N_U 、試験中の梁端接合部の最大耐力 M_{max} 、終局に相当する梁端接合部の主要亀裂長さ l_U を表1に示す。また、実験で得た亀裂進展とサイクル数の関係から前述の段階ごとに亀裂進展速度 v_1 , v_2 を求め、図2に示す n_s , a_1 , n_g , a_2 を求めることで亀裂進展を二次曲線で示した。得られた曲線を亀裂進展曲線と呼び図3に示す。図中の○は各振幅 l_U である。

本研究ではこのようにして得られた一定振幅繰返し載荷の結果から、地震応答のようなランダムな振幅に対する接合部の変形能力を予測する研究の一環として、2種類の異なる振幅で繰返し載荷したときの変形性能の関係を調べる。試験体は文献1)の標準試験体NSSと

同じものを用いる。

2. 実験方法

標準試験体NSSを対象にして文献3)を参考にして、2段階変動振幅載荷の実験を行った。まず前半は振幅 A_1 で所定の回数載荷した後、後半は振幅 A_2 で破断に至るまで載荷した。 A_2 による一定振幅載荷実験で得られた最大耐力の90%に低下した時点をおける終局とし、そこに至るサイクル数を N_U とした。 d_1 は A_1 で一定振幅繰返し載荷した際の終局までのサイクル数を N_{U1} とし、実際に載荷する回数を N_1 とすると、 $d_1 = N_1/N_{U1}$ で定義される損傷度である。実験名称はNSS- A_1 - d_1 - A_2 を意味する。実験名とパラメーター

表1 各振幅の終局時の状態量(平均値)

振幅	1.2	2.0	3.0	4.0
N_U	216.5	56.5	22.5	13.5
$M_{max}(\text{kN}\cdot\text{m})$	756	884	990	1052
$l_U(\text{mm})$	54	109.5	200	200

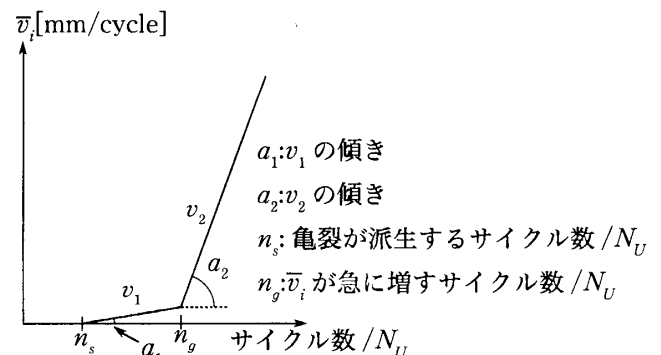


図2 亀裂進展曲線に関する係数の定義

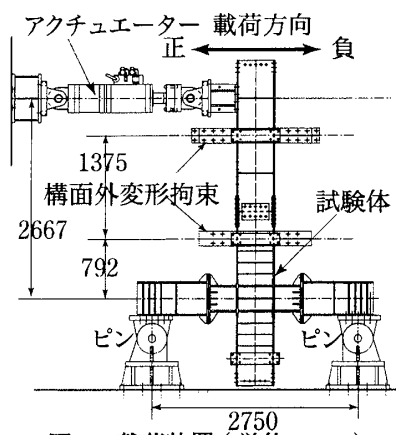


図1 載荷装置(単位: mm)

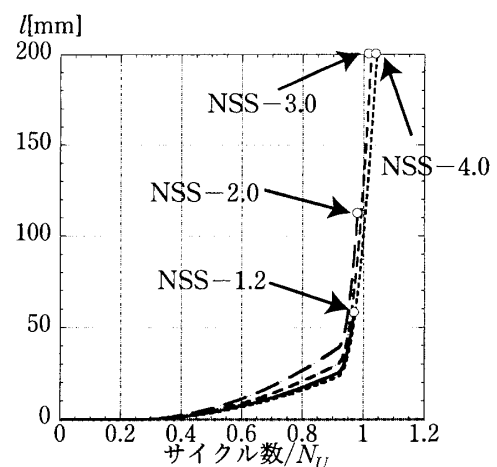


図3 亀裂進展曲線

Effect of two-step variable amplitude loading on deformation capacity and crack propagation

(Deformation capacity of welded beam-to-column connection subjected to repeated plastic strain, Part7)

MANABE Yoshiki, SUITA Keiichiro, TANAKA Tsuyoshi and TAKATSUKA Kohei

および実験結果を表2に示す。表中の N_{Up1} はマイナー則による予想終局サイクル数、 N_{Up2} は亀裂進展曲線による予想終局サイクル数、 $_{cal}D$ は亀裂進展曲線から予想される実験の終局までの損傷度である。

3. 実験結果

表2右側には実験の結果を示している。 N_2 は A_2 による载荷回数、 η_U は終局までの累積塑性変形倍率、 $_{exp}D$ は実験結果の損傷度である。実際の亀裂進展の様子と亀裂進展曲線を比較したものを図4に示す。横軸は各振幅の N_U で無次元化している。亀裂進展曲線による予測と実際の実験では、実験①②と③④、⑤と⑥、⑦と⑧を比較するといずれも、振幅と損傷度が等しい場合、小さい振幅を後から载荷した方が、逆の順序で载荷したときよりも大きな変形能力を示すという点が一致していた。

4. まとめ

標準試験体に2種類の振幅を組合わせた変動振幅を加え、試験体の破断性状と変形能力を調べた。また、亀裂進展曲線を用いて、変動させる振幅の順序の影響、変形性能に最も影響を与える振幅と損傷度の組合せを予測し、実験でも変形性能の大小関係は予測と一致した。

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, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸) C-1 構造Ⅲ, pp.769-772, 2010.9
- 2) 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4, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東) C-1 構造Ⅲ, 2011.8
- 3) 中込忠男, 瀬戸洋平: 溶接継手の多段多重振幅における累積疲労損傷に関する研究, 日本建築学会構造系論文集 第74巻 第639号, pp.945-951 2009.5

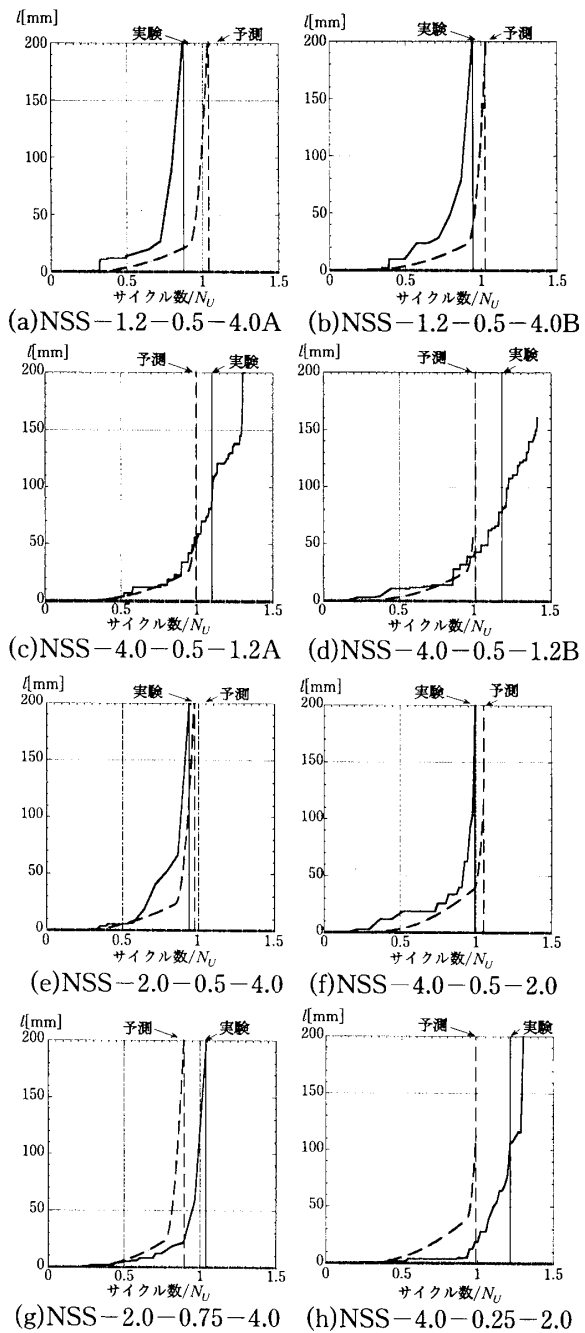


図4 亀裂進展曲線による予測と実験結果の比較

表2 実験の载荷履歴と終局予想および実験結果

実験名称	実験番号	A_1	N_1	A_2	N_{Up1}	N_{Up2}	$_{cal}D$	N_2	N_U	η_U	$_{exp}D$
NSS-1.2-0.5-4.0A	①	$1.2\theta_p$	108	$4.0\theta_p$	115	115	1.03	5	113	119	0.87
NSS-1.2-0.5-4.0B	②	$1.2\theta_p$	108	$4.0\theta_p$				6	114	110	0.94
NSS-4.0-0.5-1.2A	③	$4.0\theta_p$	7	$1.2\theta_p$		111	0.99	125	132	152	1.10
NSS-4.0-0.5-1.2B	④	$4.0\theta_p$	7	$1.2\theta_p$				142	149	173	1.17
NSS-2.0-0.5-4.0	⑤	$2.0\theta_p$	28	$4.0\theta_p$	35	35	0.98	6	34	135	0.94
NSS-4.0-0.5-2.0	⑥	$4.0\theta_p$	7	$2.0\theta_p$		37	1.05	27	34	152	1.00
NSS-2.0-0.75-4.0	⑦	$2.0\theta_p$	42	$4.0\theta_p$	45	45	0.90	4	46	150	1.04
NSS-4.0-0.25-2.0	⑧	$4.0\theta_p$	3	$2.0\theta_p$		45	0.99	56	59	200	1.21

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

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