

溶接未溶着を有する鋼厚肉部材の繰り返し弾塑性挙動に関する解析的検討

大成建設 正会員 ○小野 恵亮
 名城大学 正会員 鈴木 俊光
 名城大学 正会員 葛 漢彬

1 まえがき

鋼製橋脚の延性き裂に起因する脆性的な破壊挙動の解明、またその防止法・照査法を確立するため鋼製橋脚に対する極低サイクル疲労試験はこれまで多く行われてきた。

既往の研究では、低サイクル疲労あるいは極低サイクル疲労による脆性的な破壊の第一段階に相当する延性き裂の発生を防止するという観点から、これまでに厚肉断面を有する単柱式鋼製橋脚を対象に延性破壊実験を実施し、き裂発生・進展挙動を明らかにするとともに累積塑性ひずみの影響を考慮した損傷度によるき裂発生評価法を提案されている^{1),2)}。

しかしながら、上記の研究においては溶接部の詳細まで考慮されているものは行われていない。実際の溶接構造物では溶接形状や溶け込み深さは様々であり、また部位によっては溶接ビードの仕上げを行うケース等が例として挙げられるように、一概に溶接部といってもその性状は多岐にわたる。加えて、近年では溶接構造物の施工時における溶接欠陥の内在が問題視されてきており、これらの構造物は地震などの強力な外力を受けた場合にどのような破壊モードを呈するかなどの研究は少ない³⁾。よって、本研究では無補剛厚肉箱形断面

の梁-柱交差部における溶接構造の未溶着部分を考慮した実験的検討⁴⁾を行っているが、本報ではシェル要素を用いた解析により、既往の提案手法^{1),2)}による溶接未溶着を有する構造における延性き裂発生評価について検討する。

2 解析方法

2.1 検討対象とした実験供試体⁴⁾

供試体概要図、供試体の寸法および構造パラメータおよび材料定数を図-1、表-1 にそれぞれ示す。図-1 に示すように、鋼製橋脚隅角部を模擬した供試体を用いた。使用した鋼種は SM490YA である。

2.2 荷重方法

荷重方法については、一定変位振幅繰り返し荷重と変動変位振幅繰り返し荷重を考え、図-2 に示すような3種類の荷重パターンとした。

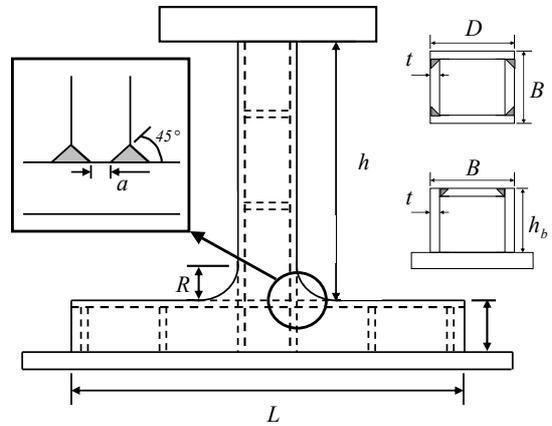


図-1 供試体概要図

表-1 供試体寸法・構造パラメータ

供試体名	h (mm)	h _b (mm)	L (mm)	B (mm)	D (mm)	t (mm)	R (mm)	a (mm)	H _y (kN)	δ _y (mm)
S25-0-CC	708	136	858	149	149	11.8	29	0	141	5.83
S25-2-CC	705	137	858	149	148	11.8	28	2	139	5.83
S25-2-VC	706	137	858	149	148	11.8	28	2	139	5.83
S25-5-CC	705	137	854	149	148	11.8	31	5	136	5.82
S25-5-VC	705	138	857	149	148	11.8	28	5	139	5.83

Note : h=柱部高さ, L=梁部長さ, B=フランジ幅, D=ウェブ幅, t=板厚, R=フィレットの曲率半径, a=溶接未溶着高さ, H_y=降伏水平荷重, δ_y=降伏水平変位,

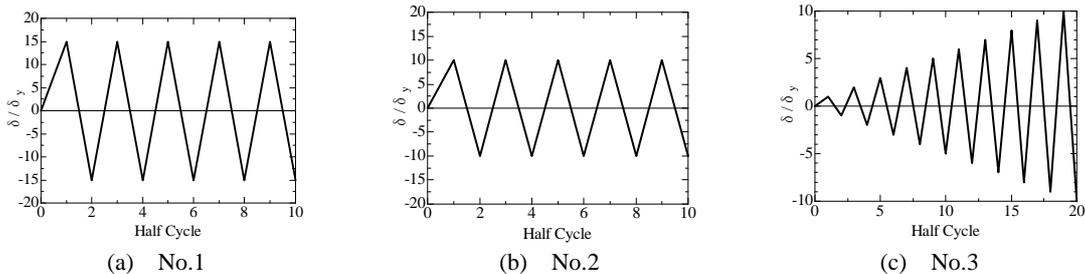


図-2 荷重パターン

キーワード 延性き裂, 溶接未溶着, 照査法, 隅角部

連絡先 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部建設システム工学科 TEL 052-838-2342

2.3 溶接部のモデル化

従来の溶接部を考慮しないシェル解析では溶接欠陥を模擬できないため、本研究では過去の研究³⁾を参考に図-3のように溶接未溶着箇所をモデル化し、解析を行った。同図において、 t : 母材の板厚、 S : 溶接ビードの脚長、 a : 未溶着高さである。

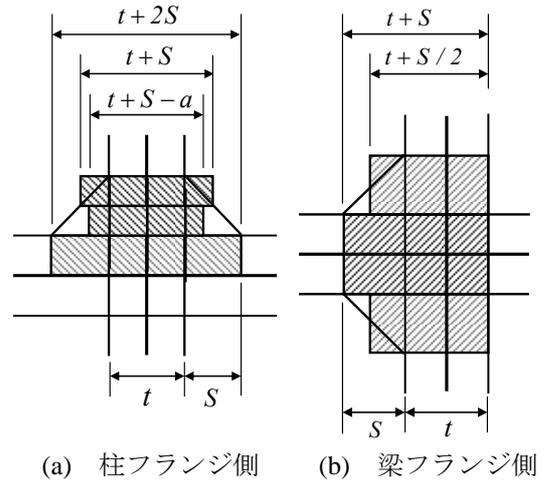


図-3 溶接未溶着箇所のモデル化

3 解析結果および考察

3.1 損傷度

本研究では延性き裂発生評価の指標として損傷度 D を用いる^{1),2)}。損傷度は式(1)で表される。

$$D = C \sum (\varepsilon_{pr})^m \quad (1)$$

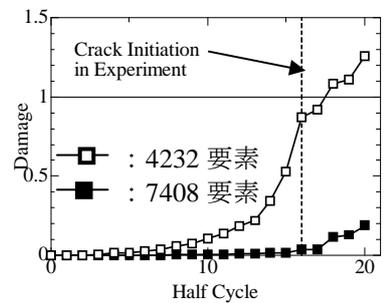
ここで、 C 、 m は鋼種によって決まる溶接部を考慮した定数 (SM490YA に対しては $C = 9.69$ 、 $m = 1.86$)、 ε_{pr} は塑性ひずみ範囲である。塑性ひずみの抽出法にはレンジ法を用いた。 $D=1$ となった時点での半サイクル数を解析による予測延性き裂発生点とする。

3.2 損傷度による延性き裂発生評価

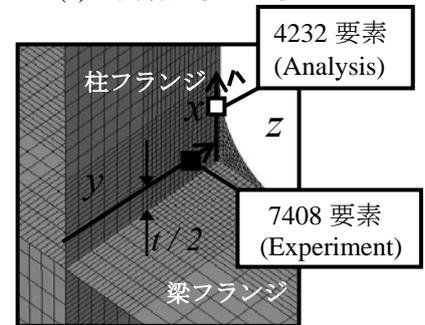
き裂発生点に関して、表-2 を見ると S25-0-CC および S25-2-CC、S25-5-VC では 0~1 程度の誤差であるため、概ね高い精度で予測できていることがわかる。一方 S25-2-VC については柱中間部の溶接欠陥からき裂が進展したため評価に誤差を生じた。

次に実験において溶接三線交差部からき裂が進展した S25-5-VC について、解析結果により算出した損傷度 D が最も早く 1 となる要素と、実験におけるき裂発生位置の要素で損傷度履歴の比較を行った。詳細を図-4 に示す。同図において□: 解析結果における損傷度 D が最も早く 1 となる要素(柱フランジ長手方向 28mm の位置, 要素番号 4232 の要素, 以後 4232 要素と称す), ■: 実験におけるき裂発生位置の要素(柱フランジ幅方向 60mm の位置, 要素番号 7408 の要素, 以後 7408 要素と称す)である。

図-4(a)を見ると、4232 要素に比べて 7408 要素の損傷度は大きく下回っており、また損傷度 $D=1$ に達していないため、延性き裂発生を評価できていない。よって損傷度による延性き裂発生評価法では、溶接未溶着が原因と考えられるデルタゾーンより進展する延性き裂の発生予測はさらに詳細に検討を加える必要がある。



(a) 損傷度履歴比較



(b) 着目要素位置

図-4 損傷度履歴比較

表-2 解析結果と実験結果の比較 (単位: Half Cycle)

供試体	損傷度によるき裂発生評価点	実験によるき裂発生点	誤差	载荷パターン
S25-0-CC	5	5	0	No.1
S25-2-CC	5	4	1	No.1
S25-2-VC	18	13	5	No.3
S25-5-CC	12	11	1	No.2
S25-5-VC	18	17	1	No.3

参考文献: 1) 葛・津村: 鋼製厚肉断面橋脚における延性き裂発生の評価に関する実験的および解析的研究, 構造工学論文集, Vol.55A, pp.605-616, 2009. 2) 葛・藤江・岩田: ランダム载荷を受ける鋼製部材の延性き裂発生・進展挙動及び照査法の検証, 構造工学論文集, Vol.56A, pp.342-355, 2010. 3) 三木・平林: 施工の不具合を原因とする疲労損傷, 土木学会論文集 A, Vol.63, pp.518-532, 2007. 4) 鈴木・小野・葛: 溶接未溶着を有する鋼厚肉部材の延性き裂発生に関する実験的研究, 土木学会全国大会第 65 回年次学術講演会概要集.