

第 I 部門

正負交番载荷による局部座屈損傷部を加熱矯正した鋼製橋脚の力学的評価

大阪大学大学院 工学研究科 学生員 ○廣畑 幹人

大阪大学大学院 工学研究科 正会員 小野 潔

大阪大学 接合科学研究所 正会員 金 裕哲

1. はじめに

地震や火災、事故などにより局部座屈した社会基盤鋼構造物の早期復旧を目的に、現場で施工が可能、かつ新材を必要としない加熱矯正による補修に着目し、一連の研究を行っている¹⁾。

本報では、正負交番载荷による局部座屈損傷部を加熱矯正した鋼製橋脚の力学的評価を行った。得られた知見を報告する。

2. 健全状態における正負交番载荷実験

鋼製橋脚を模擬した供試体の健全状態における力学挙動を把握するため、また、供試体に局部座屈損傷を与えるため、正負交番载荷実験を行った。供試体の形状を図1に、供試体諸元を表1に示す。材料はSM490であり、板厚は6mmである。公称降伏軸力の15%に相当する軸力(800 kN)負荷下において、公称降伏水平変位 δ_{Y0} を基本とし、変位制御による正負交番漸増载荷(図2参照)を行った。

交番载荷により3サイクル目に最大荷重に到達し、4サイクル目に荷重の低下を確認したため、载荷を終了し、加熱矯正に供した。着目部分の上下面パネルでは供試体内側方向に、側面パネルでは外側方向に15mm程度の面外変形が生じた(図5(a)参照)。供試体内部の補剛材は面外方向に3-8mm程度変形していた。

3. 加熱矯正

正負交番载荷実験により供試体基部に生じた面外変形を加熱矯正した。供試体を解体することなく、現場における作業を想定し、バーナーにより局部座屈部をA₁変態点以下に加熱し(550-650℃)、ジャッキにより変形を矯正した。加熱矯正の様子を図3に示す。

ところで、面外変形を無理に矯正しようとする供試体に割れが発生するおそれがあるため、矯正しきれない変形をやむを得ず残したままにした(以後、残存不整と呼ぶ)。残存不整は局部座屈のモードと同様の傾向であり、面外方向の絶対値は最大5mm程度であった(図5(b)参照)。また、供試体内部の補剛材にも、面外方向に最大3mm程度の不整が残った。

表1 供試体諸元

材料	SM490
公称降伏応力 σ_Y (MPa)	325
ヤング率 E (GPa)	200
供試体基部-载荷点距離 h (mm)	2650
断面積 A (mm ²)	16728
断面2次モーメント I (mm ⁴)	1.04×10^9
断面係数 Z (mm ³)	3.33×10^6
細長比パラメータ $\bar{\lambda}$	0.26
幅厚比パラメータ : 補剛板 R_F	0.70
: 補剛材間 R_R	0.70
: 補剛材 R_S	0.40

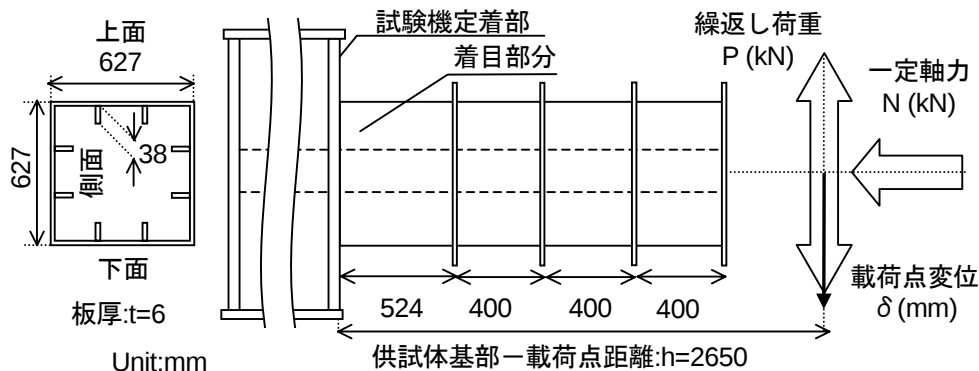
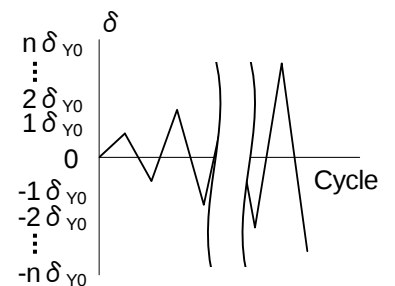


図1 実験供試体



$$\delta_{Y0} = \frac{P_{YN} h^3}{3EI} = 9.6(\text{mm})$$

$$P_{YN} = \left(\sigma_Y - \frac{N}{A} \right) \frac{Z}{h}$$

図2 载荷パターン

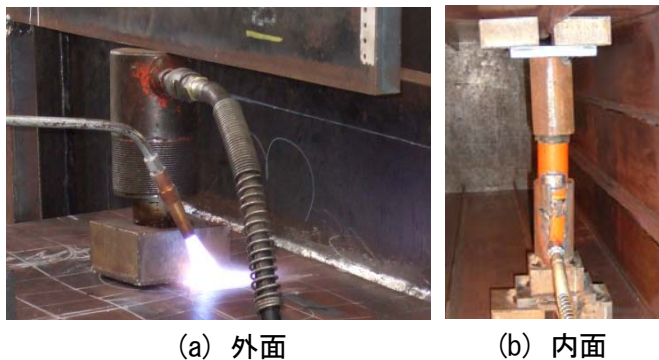


図3 加熱矯正

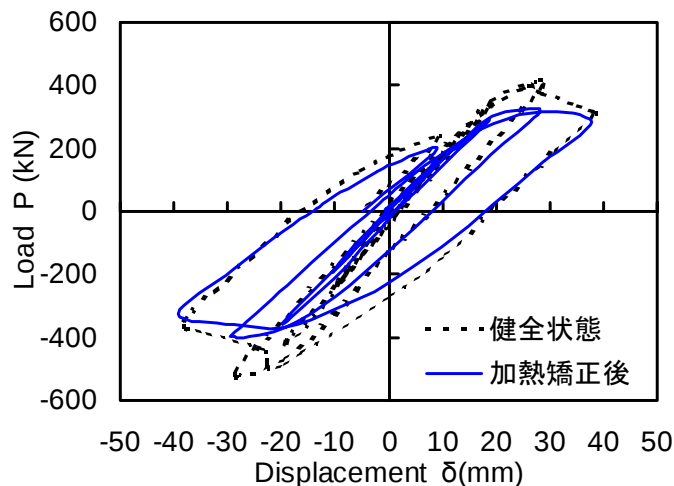


図4 荷重 - 変位関係

4. 加熱矯正後における正負交番载荷実験

加熱矯正後における供試体に対し、再び交番载荷実験を行った。荷重 - 変位関係を図4に示す。図中、点線は健全状態、実線は加熱矯正後の供試体の挙動を示している。

交番载荷により供試体には割れなど生じることなく、健全状態と同様、3 サイクル目に最大荷重に到達した。最大荷重時変位は健全状態と同程度であった。

しかし、加熱矯正後における最大荷重は、正側、負側共に、健全状態に対し 22%程度低下した。これは、健全状態実験における除荷時の荷重にほぼ等しい。

最大荷重の低下には残存不整が大きく寄与していると考えられる。残存不整の絶対値 (5mm) は初期たわみ許容値 ($b/150=1.4\text{mm}$) の 3-4 倍程度と大きく、その傾向は局部座屈のモードと同様であった。このため、加熱矯正後は健全状態に比べ最大荷重が低下したと考えられる。

5. まとめ

正負交番载荷による局部座屈損傷部を加熱矯正した鋼製橋脚の力学的評価を行うため、一連の実験を行った。得られた知見を以下に示す。

- (1) 正負交番载荷により供試体基部に生じた局部座屈変形を、割れなど生じることなく加熱矯正できた。ただし、局部座屈モードと同様の傾向で、初期たわみ許容値の 3-4 倍程度の不整が残った。
- (2) 加熱矯正後の正負交番载荷実験においても、供試体に割れなど生じることなく健全状態と同じサイクル(3 サイクル目)に最大荷重に到達した。また、最大荷重時変位は健全状態と同程度であった。
- (3) 加熱矯正しきれない残存不整により、加熱矯正後の正負交番载荷実験では、最大荷重が健全状態に対し 22%程度低下したが、これは、健全状態実験における除荷時の荷重にほぼ等しかった。

参考文献

- 1) 廣畑幹人, 河津英幸, 金 裕哲: 局部座屈損傷を加熱矯正した箱型断面柱の圧縮挙動, 土木学会第 61 回年次学術講演会講演概要, 2006

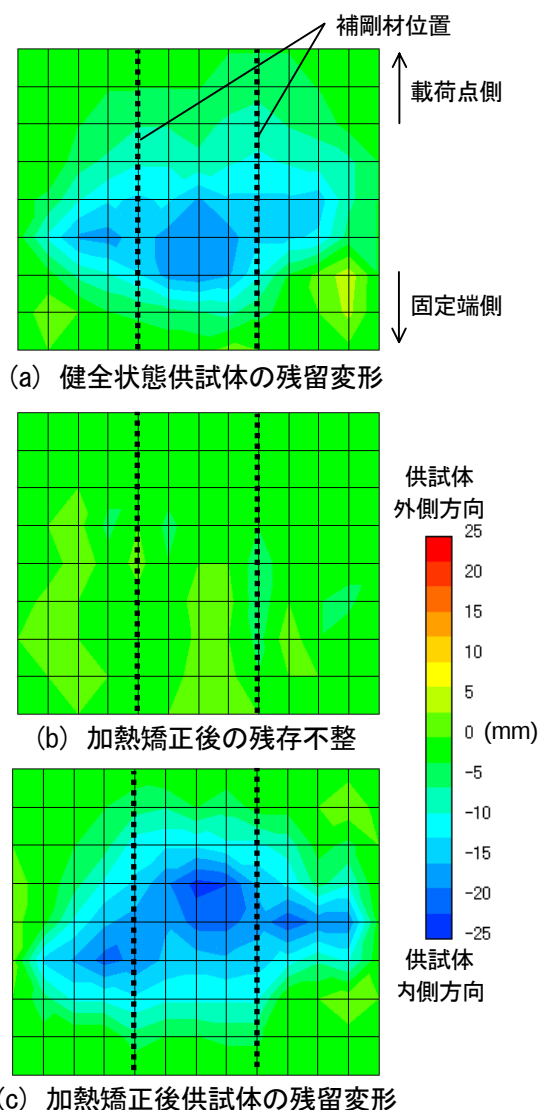


図5 上面パネル変形図