

加熱矯正が鋼構造部材の力学挙動に及ぼす影響

大阪大学接合科学研究所 正会員 金 裕哲
 大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○廣畑 幹人
 三井造船（株） 正会員 河津 英幸

1. はじめに

平成7年の兵庫県南部地震では、被災した鋼構造物の座屈変形に対して加熱矯正が広く行われた¹⁾。ところで、加熱矯正が部材強度に及ぼす影響については不明な点が多々ある。これに関連し、加熱矯正が部材の座屈強度や終局強度に及ぼす影響を明らかにするため、著者らは、健全な試験体（図-1）と、座屈変形（図-2）をA₁変態点（約700℃）以下の温度（550～650℃）で加熱矯正した試験体に対して圧縮試験を行い、双方の結果を比較検討した。結果によれば、加熱矯正した試験体は健全な試験体に比べ、座屈強度は低下するものの終局強度は変化しないことが明らかになった²⁾。また、健全な試験体の圧縮試験では、全ての試験体が同様の座屈モードを呈したのに対し、加熱矯正した試験体では図-2に示すように座屈モードが変化した。

本研究では、加熱矯正した十字柱の圧縮試験を弾塑性大変形解析によりシミュレーションし、座屈強度および座屈モードが変化した理由を明らかにする。

2. 弾塑性大変形解析による実験シミュレーション

実験のシミュレーションに用いた弾塑性大変形解析プログラムは、既報³⁾に用いたULSASである。

座屈損傷した試験体を加熱矯正すると、図-3のように各板の中央部付近に矯正しきれない不整が残る（残存不整と呼ぶ）。座屈強度や座屈モードには初期たわみが大きく影響することが一般に知られている。加熱矯正後の残存不整を初期たわみとみなし、式(1)のような初期たわみ v_{res} を与え、圧縮試験をシミュレーションした。式(1)において、第一項は軸の曲がり、第二項は突出板の面外たわみ、第三項は矯正に伴う残存不整である。なお、 x_1 および x_2 、 y_1 および y_2 は、突出板に残存不整を与える範囲である（図-3参照）。

$$v_{res} = A_{axis} \sin \frac{\pi x}{h} + \sum A_{panel} \sin \frac{m\pi x}{h} \sin \frac{n\pi y}{2b} + e \sin \frac{\pi(x-x_1)}{x_2-x_1} \sin \frac{\pi(y-y_1)}{y_2-y_1} \quad (1)$$

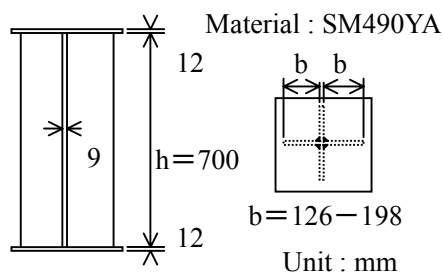


図-1 座屈試験体

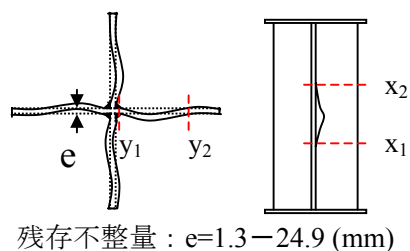


図-3 残存不整



(Virgin)



Model 1



Model 2

(Corrected by heating)

図-2 実験結果

キーワード 加熱矯正, 座屈強度, 座屈モード, 終局強度, 残存不整, 加工硬化

連絡先 〒567-0047 茨木市美穂ヶ丘 11-1 大阪大学接合科学研究所 TEL 06-6879-8647

図-4に Model 1 の解析結果を示す。座屈モードおよび座屈強度は実験を精度よく再現できたが、終局強度は低下し、その精度は低い。しかし、Model 2 では座屈モードさえ実験を再現できなかった。

以上より、残存不整のみを考慮しても実験を精度よく再現できないことがわかった。この理由を以下で考える。

健全な試験体中央部（局部座屈箇所）は大きく塑性変形していた。これを矯正することにより、塑性変形領域は加工硬化していると推測される。このため、加熱矯正した試験体突出板に対し、ビッカース硬さ試験を行った。硬さ試験結果を図-5に示す。ところで、鋼材の硬さと降伏応力の間には相関関係がある⁴⁾ことが知られている。試験体中央部の硬さは上昇しており、加工硬化により、強度も上昇していることは自明である。

硬さ分布を基本として、突出板に図-6に示す2次曲線による強度分布を与え、解析を行った。Model 1 および Model 2 の解析結果を図-7、8に示す。

座屈強度、終局強度および座屈モードの全てにおいて実験を再現できた。これより、加熱矯正した試験体の座屈強度や座屈モードが変化する要因は、残存不整および塑性変形を矯正したことによる降伏応力の上昇に起因していることがわかった。

3. まとめ

座屈損傷を A_1 変態点（約 700℃）以下の温度（550～650℃）で加熱矯正した十字柱の座屈挙動を弾塑性大変形解析によりシミュレーションした。結果によれば；

- (1) 加熱矯正しきれない残存不整により、部材の座屈強度が低下する。
- (2) 中央部座屈変形箇所を矯正することにより、中央部は加工硬化し、降伏応力が上昇する。これに起因して、座屈モードが変化する。

参考文献

- 1) (財)阪神高速道路管理技術センター：大震災を乗り越えて－震災復旧工事誌－，阪神高速道路公団，1997
- 2) 金 裕哲，廣畑幹人，河津英幸：加熱矯正が鋼構造部材の座屈および終局強度に及ぼす影響，土木学会第58回年次学術講演会講演概要集，2002
- 3) 矢尾哲也：船体構造の座屈・塑性崩壊解析，大阪大学接合科学研究所特別講義資料，1997
- 4) 日本規格協会：金属材料試験マニュアル，1995

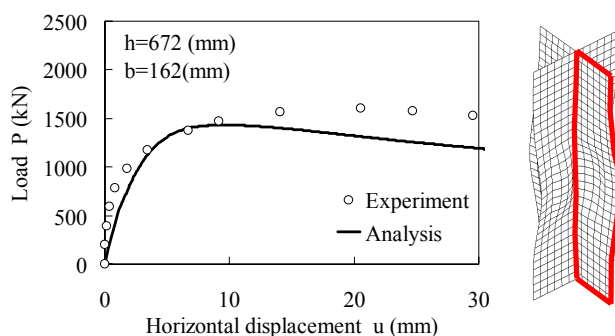


図-4 Model 1 解析結果①

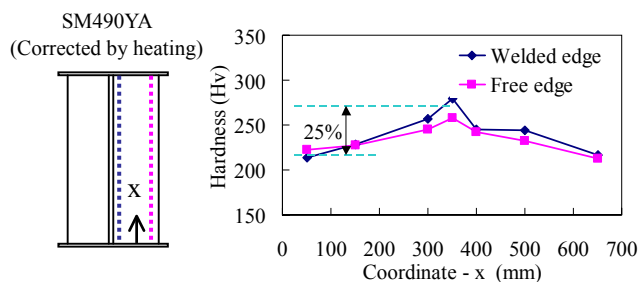


図-5 ビッカース硬さ試験結果

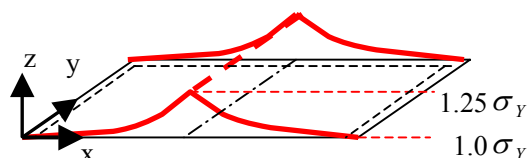


図-6 強度分布モデル

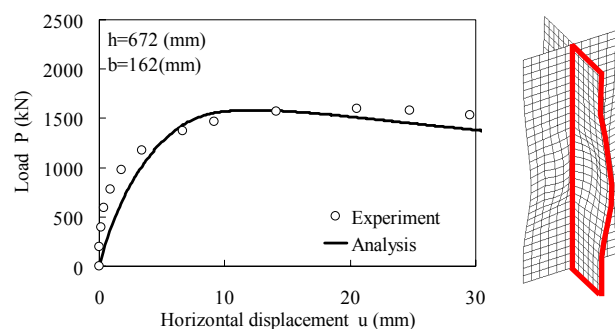


図-7 Model 1 解析結果②

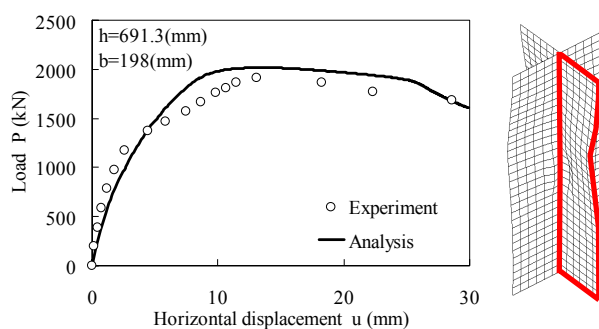


図-8 Model 2 解析結果