

プレスと線状加熱を併用する 3 次元曲線桁の成形

石川島播磨重工業（株）	正会員	○猪瀬幸太郎
石川島播磨重工業（株）	正会員	木治 昇
石川島播磨重工業（株）	正会員	中西 保正
大阪大学接合科学研究所	正会員	金 裕哲

1. はじめに

近年、社会資本である橋梁では景観が重視されており、3次元曲面を採用する構造が求められている。従来鋼橋では3次元曲面形成のために化粧板を設置する方法が多かったが、コスト面で不利となるため構造体そのもので対応することが望ましく、合理的な3次元曲面鋼主桁加工方法の確立が求められている。そこで本研究では鋼板の3次元曲げ加工を実施し、所定形状を得ることを確認した。また形状コントロールの基礎検討として熱弾塑性解析を実施した。

2. 曲げ加工実験

図2に示すように、曲線橋梁の3次元曲面部材の加工実験を実施した。小片小曲率加工に適したプレスと、大型大曲率加工に適した線状加熱の特質を活かし、主桁断面内 R ($R=375\text{mm}$) をプレスで、平面内 R ($R=50000\text{m}$) を線状加熱で加工した。線状加熱では最高温度を 900°C とし、加熱直後に水冷を行った。道路橋示方書では調質鋼の赤熱状態からの急冷は認められていない。そこで、適切な材料選定による材料劣化防止方法を本研究と平行して検討した¹⁾。部材はプレス加工を行った後、腹板の曲率中心側を加熱した。加熱要領を図3に示す。表1に示すように、加工によって発生したひずみは橋軸直角方向が $3.08\%\sim 3.38\%$ 、橋軸方向が $0.06\%\sim 0.18\%$ でありその殆どはプレス加工によって発生した。加工後の形状は計測点 B, C では所定形状を満たしていた。計測点 A では約 8mm の面外方向誤差が生じていた。しかしこれは加熱条件の最適化により改善可能であると判断した。加工後の形状を図4に示す。

3. 数値シミュレーション

実験と平行して、3次元熱弾塑性解析プログラムによる数値解析を実施した。モデルの大きさは $1000\text{mm} \times 24\text{mm} \times 1400\text{mm}$ である。解析の簡易化のため、入熱は板厚方向外縁の要素の最高温度が 900°C となる移動熱源とし、冷却は空冷とした。解析ケースはケース (A) 標準モデル、ケース (B) 加熱間隔を広げたモデル ($250 \rightarrow 550\text{mm}$)、ケース (C) 高剛性モデル (プレス曲げ半径 $R=375\text{mm} \rightarrow$ 直角) である。解析の結果、ケース (A) では実験と同様な変形がモデルの加熱線上に発生した。しかしその量は所用変形量 ($2.5\text{mm}/1000\text{mm}$) の半分程度であった。解析による変形量が小さくなった原因は入熱および冷却条件の違いであると考えられる。しかし今回用いた解析方法は、入熱、伝熱効率、水冷を厳密に模擬した解析より簡便であるうえ、定性的な評価には有効であった。ケース (A) の変形形状はスムーズであり、加熱条件が適切であったことを示していた。ケース (B) では最も変形する範囲が広いとの結果を得た。ケース (C) では曲げ局率は小さくなる結果を得た。

4. まとめ

- (1) プレスと線状加熱の併用により、フランジと腹板のコーナ部に曲面をもった3次元曲面構造の製作が可能であることを確認した。
- (2) 曲げ加工によって発生するひずみの大部分はプレス加工によるものであった。
- (3) 最高到達温度を入力し、冷却条件を空冷とする熱弾塑性解析により実施工の定性的なシミュレーションが可能であると確認した。

キーワード 3次元成形、線状加熱、プレス加工、熱弾塑性解析

連絡先 〒235-8501 横浜市磯子区新中原町1番地 石川島播磨重工業（株） TEL 045-759-2191

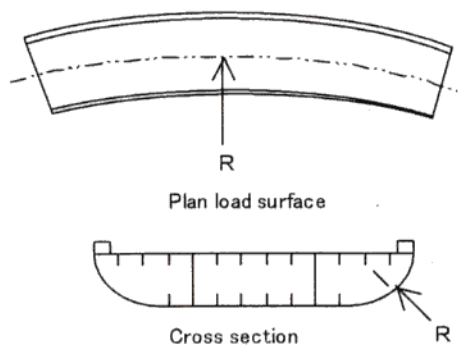


Fig.1 General arrangement

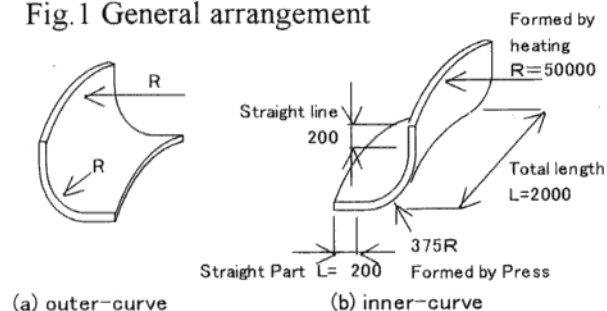


Fig.2 Specification of works

Table-1 Strain due to formation			Unit %	
TPNo.	Transverse direction		Longitudinal direction	
1	3.14	3.16	0.18	0.06
2	3.09	3.15	-0.05	-0.13
3	3.22	3.08	-0.07	-0.08
4	3.32	3.22	0.03	-0.08
5	3.38	3.13	0.01	-0.07

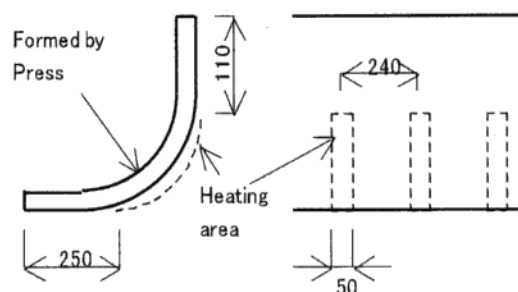


Fig.3 Fabrication procedures

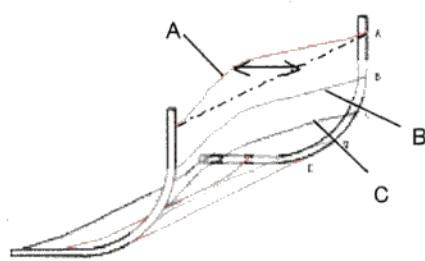
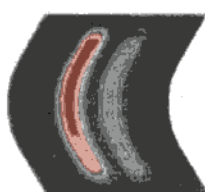
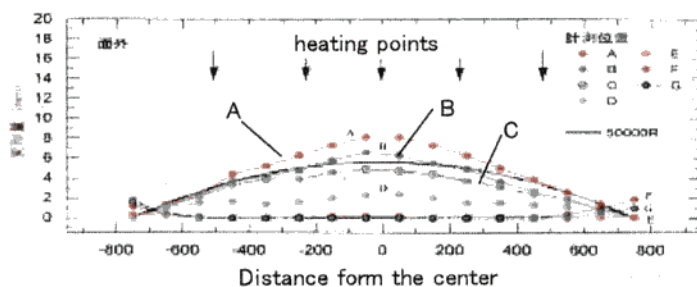
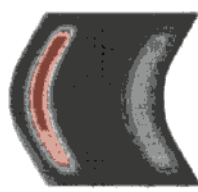


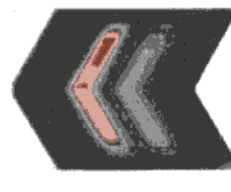
Fig.4 Out-of-plane deformation



Case A



Case B



Case C

Fig.5 Analysis models and heat conditions

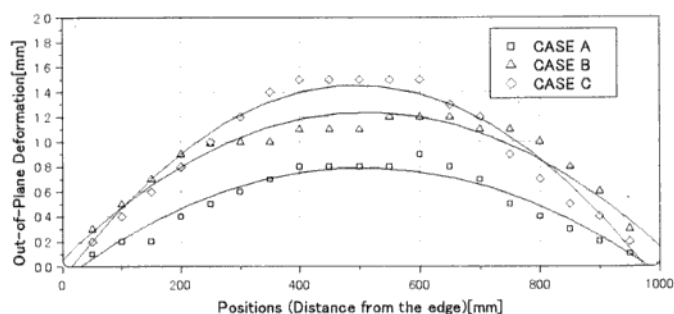
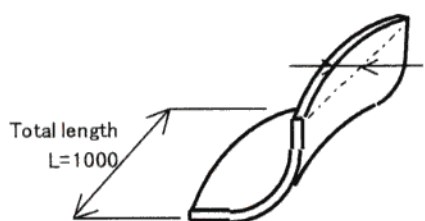


Fig.6 Magnitude of out-of-plane deformation

参考文献

- 木治昇, 猪瀬幸太郎, 中西保正, 川畑友弥, 大西一志, 線状加熱用 SM570 材の開発, 平成 14 年度春季全国大会第 溶接学会 第 70 集 2002 年 4 月