

I-209

鋼箱型断面部材の残留応力について

日本コンクリート協会 正員 岩田 一也 名城大学 正員 近藤 明雅
 中部大学 正員 菊池 洋一 名古屋大学 正員 山田健太郎
 中部大学 正員 塩見 弘幸

1. はじめに 溶接部材の残留応力は、その構成部材である鋼板の製造時、鋼板の溶断、溶接組立によって生じるが、部材断面形状、製作法、鋼種によって残留応力の大きさや分布形は異なる。本報告は、溶接構造物に多く使用されている箱型断面部材に着目して、その残留応力分布の特徴を実測と数値解析結果から調べたものである。

2. 試験体について 鋼種は SM50A で、板厚は 9mm, 16mm および 22mm の 3 種類。溶接形状はすみ肉形状と開先形状の 2 種類。溶接条件は全ての板厚に対して、すみ肉形状では 34 V, 620 A, 65 cm/sec, 開先形状では 38 V, 580 A, 70 cm/sec。試験体の形状と寸法を図 1 に示す。

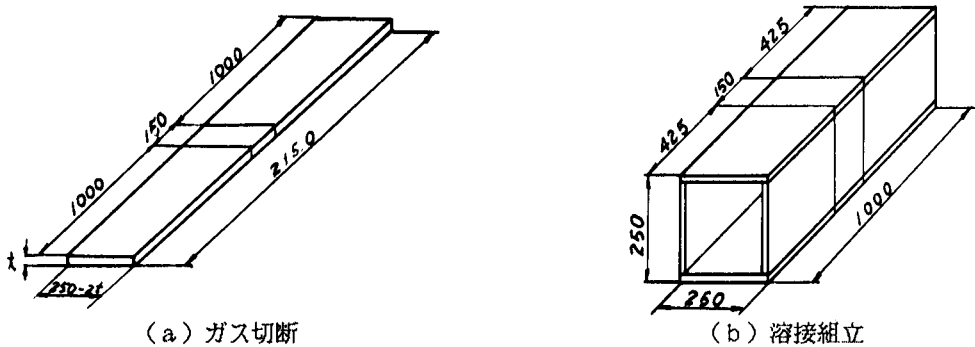


図 1 試験体の形状と寸法

3. ガス切断後の残留応力について 溶接集成前のガス切断された鋼板の残留応力を測定し、鋼板の寸法・板厚と残留応力との関係を調べ、箱型断面部材の残留応力の推定のための資料とした。

4. 溶接箱型断面部材の残留応力について ガス切断された鋼板を用いて溶接集成された箱型断面部材について、溶接形状と残留応力との関係を調べ、FEM解析結果と比較した。各板厚と溶接形状の残留応力分布を図 2 に示す。

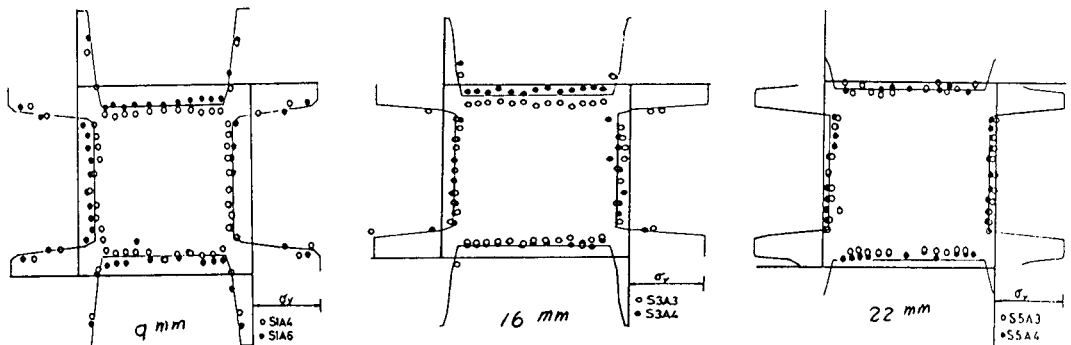


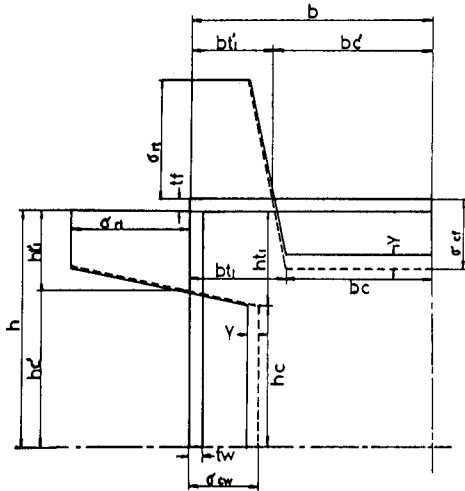
図 2 実測と数値計算による残留応力の分布

板厚が厚くなるに従って、圧縮残留応力の値は小さくなる傾向を示している。

5. 溶接箱型断面部材の残留応力分布の仮定と自己つり合い式

構造部材を溶接組立によって製作する

場合、ガス切断された鋼板を使用することが多い。したがって、残留応力分布およびその大きさを推定するには、ガス切断の影響を考慮する必要がある。このガス切断によって生じた残留応力は、溶接のときの温度上昇によりその一部が解放され、温度降下時には新しく溶接残留応力が加わる。このように、ガス切断縁の引張残留応力と応力勾配は、新たに導入された溶接残留応力の影響を受けるため、部材断面形状、溶接入熱量によって変化する値とし、溶接後の残留応力分布を図3のように仮定する。



$$y = (K_1 - \sqrt{K_2^2 - K_1 \cdot K_3}) / K_1$$

ここに

$$K_1 = t_f / \alpha_1 + t_w / \beta_1$$

$$K_2 = \alpha_2 \cdot A_f + \beta_2 \cdot A_w + K_1 \cdot \sigma_{r1}$$

$$K_3 = (\beta_2 \cdot A_w + 2\alpha_2 \cdot A_f + K_1 - 2A_w - 2A_f) \cdot \sigma_{r1} - 2\beta_2 \cdot A_w \cdot \sigma_{cw} - 2\alpha_2 \cdot A_f \cdot \sigma_{cf} - t_w \cdot \sigma_{cw}^2 / \beta_1 - t_f \cdot \sigma_{cf}^2 / \alpha_1$$

A_w : ウィブ断面積

t_f : フランジ板厚

t_w : ウィブ板厚

 α_1 : フランジの板幅に対する圧縮領域の割合 α_2 : フランジの溶接付近の応力勾配 β_1 : ウィブの溶接付近の応力勾配 β_2 : ウィブの板幅に対する圧縮領域の割合 σ_{r1} : フランジの平均圧縮残留応力 σ_{cw} : ウィブの平均圧縮残留応力 σ_{cf} : 1.0

図3 箱型断面部材の応力分布の推定

この仮定した残留応力分布に基づき、2軸対称溶接箱型断面部材合計12本について、平均圧縮残留応力、平均引張残留応力の領域幅および引張応力の領域での応力勾配を求めた。そして、これらの値と溶接入熱量および断面寸法との関係を最小2乗法による回帰式で求めた。これらの値は図3の破線で示す残留応力分布を表している。この破線の値は、内部応力のつり合いは考慮されていない。そこで、内部応力のつり合いがとれた状態の残留応力分布を実線で示し推定値とした。内部応力のつり合いは、図3に示すように2軸対称の残留応力分布を仮定しているため、つり合条件式 $\int \sigma \cdot re \, dA = 0$ のみによって求められる。また、平均圧縮応力、平均引張応力の領域幅と応力勾配の諸数値の近似を行うにあたり、次式に示す溶接入熱量により整理する。 $Q_f = t_f / \sum t_i \cdot Q$ 、 $Q_w = t_w / \sum t_i \cdot Q$ 、 $\sum t_i = t_f + t_w$ 、 $Q = 0.24 \cdot A \cdot V \cdot 60 / S$ 。ここに、 Q_f 、 Q_w はフランジ、ウィブに流れる溶接入熱量、 t_f 、 t_w はフランジ、ウィブの板厚、 Q は溶接入熱量、 A は電流、 V は電圧、 S は溶接スピードを示す。

このように溶接箱型断面部材の断面形状、溶接条件が決まれば、補正量Yが決まり、残留応力分布およびその大きさを推定することができる。（補正量Yについては図3の余白に示した）

6. 結語

- 1) 溶接条件が一定の場合には、板厚が厚くなるに従って圧縮残留応力の値は小さくなり、たとえば22mmの板厚では $0.1\sigma_y - 0.2\sigma_y$ であった。
- 2) 溶接形状による残留応力については、有為な相違はないようである。
- 3) 溶接箱型断面部材の残留応力の推定方法を示し、少ないデータからではあるがその推定式を導くことを試みた。