

I-162 穴あけ法による残留応力の測定

群馬大学 正会員 坂野 昌弘
大林組 黒岩 正夫
群馬大学 正会員 西村 俊夫

1. はじめに

溶接部に存在する引張残留応力により溶接継手の疲れ強さが低下することが知られているが、残留応力の影響を定量的に評価するためには、それらの残留応力を精度よく測定することが必要である。従来、実験室で用いられるような小型試験体の残留応力測定には切断法が多く使用されているが、切断法は大型試験体については切出し方法に問題があり、また測定対象物に大きな損傷を与えることなどから実際の構造物への適用は困難である。これに対し穴あけ法は微小な盲穴を試験部表面にあけ、穴周囲に生ずる歪変化から残留応力を求めようとする方法で、対象物の損傷を最小限にとどめうるのが実構造物にも適用が可能であると考えられる。本研究は、穴あけ法による応力測定実験を行い、溶接残留応力測定への適用性を検討したものである。

2. 穴あけによる応力測定方法

図-1に示すように半径 a の穴をあけた場合に、残留主応力 σ_p 、 σ_θ およびその方向 θ は穴中心から r 離れた点の三方向の解放歪 ε_I 、 ε_{II} および ε_{III} を用いて(1)式で求められる。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_p &= \frac{(A+C \cos 2\theta) \varepsilon_I + (A-B \cos 2\theta) \varepsilon_{III}}{2A(B+C) \cos 2\theta} \\ \sigma_\theta &= \frac{(-A+C \cos 2\theta) \varepsilon_I + (-A-B \cos 2\theta) \varepsilon_{III}}{2A(B+C) \cos 2\theta} \\ \theta &= \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{B+C}{D} \frac{\varepsilon_I - 2\varepsilon_{II} + \varepsilon_{III}}{\varepsilon_I + \varepsilon_{III}} \right) \end{aligned} \right\} (1)$$

$$A = -\frac{1+\nu}{2E} \frac{a^2}{r^2}, \quad B = \frac{1+\nu}{2E} \frac{a^2}{r^2} \left(3\frac{a^2}{r^2} - \frac{4}{1+\nu} \right)$$

$$C = -\frac{1+\nu}{2E} \frac{a^2}{r^2} \left(3\frac{a^2}{r^2} - \frac{4\nu}{1+\nu} \right), \quad D = \frac{1+\nu}{E} \frac{a^2}{r^2} \left(3\frac{a^2}{r^2} - 2 \right)$$

E : ヤング率, ν : ポアソン比

穴あけにはミーリング・ガイドを使用し、直径 3.2mm のドリル刃で穴直径の約 1.4 倍の深さまで穴あけを行った。歪の測定にはゲージ長 1mm の三軸ゲージを使用し、測定の精度および誤差を検討した結果、穴中心からゲージ中心までの距離を 5mm ($r/a \approx 3$)とした。

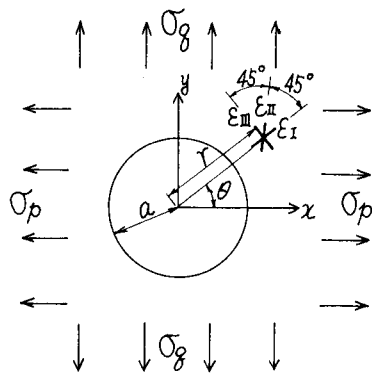
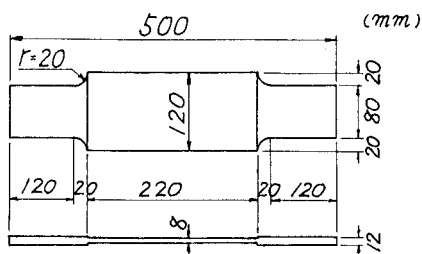


図-1 残留主応力と測定歪



材料: SM41 ($\sigma_y = 30 \text{ kg/mm}^2$)

図-2 試験体の形状・寸法

3. 応力測定実験

溶接部に存在する残留応力は、その大きさが材料の降伏点に近い場合があり、そのような場合には穴あけにとまるべき応力集中により穴周囲に降伏が生じる可能性がある。

本研究では図-2に示す試験体を用い、図-3に示すように歪ゲージを貼付して、引張応力作用下で穴あけを行い、各歪ゲージから求めた主応力と作用応力を比較した。図-4は作用応力 $\sigma = 10 \text{ kg/mm}^2$ の場合の、載荷方向に貼付した歪ゲージからえられた歪解放状況を表わしたものである。同図によれば、穴が深くなるに従い各歪の解放量は増加するが、穴深さが穴径の1.2倍付近で平衡状態に達しており、穴あけは、この程度の深さまで行えば、十分であることを示している。

図-5に各歪ゲージから求めた作用主応力をそれぞれ4つのゲージの位置で示す。作用応力 $\sigma = 10 \text{ kg/mm}^2$ （降伏点 σ_y の1/3）では各主応力とも作用応力とほぼ一致している。（1〜2 kg/mm^2 、10〜20%の誤差）。 $\sigma = 15 \text{ kg/mm}^2$ （ $\frac{1}{2}\sigma_y$ ）では塑性域の広がる45°方向の歪ゲージから求めた応力値に降伏の影響が最も大きく現れるが、作用応力方向の歪ゲージによる応力値と作用応力の誤差は25%程度である。さらに $\sigma = 20 \text{ kg/mm}^2$ （ $\frac{2}{3}\sigma_y$ ）で穴あけを行った場合、45°方向および90°方向の歪ゲージによる応力値で50%から70%以上、作用応力方向のものでも40%以上の誤差が生じている。以上より、予想される最大主応力の方向に歪ゲージを配置すれば、降伏点の半方程度までの残留応力を測定することとが可能であるが、降伏点に近いような応力については、さらに今後の検討が必要である。

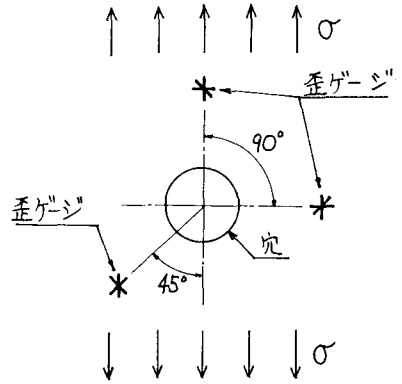


図-3 歪ゲージの配置

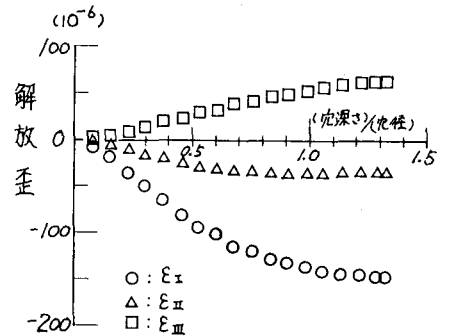


図-4 穴あけによる解放歪

4. おわりに 本研究は、昭和57年度科学研究費補助金により行われた研究成果の一部である。記して謝意を表する。

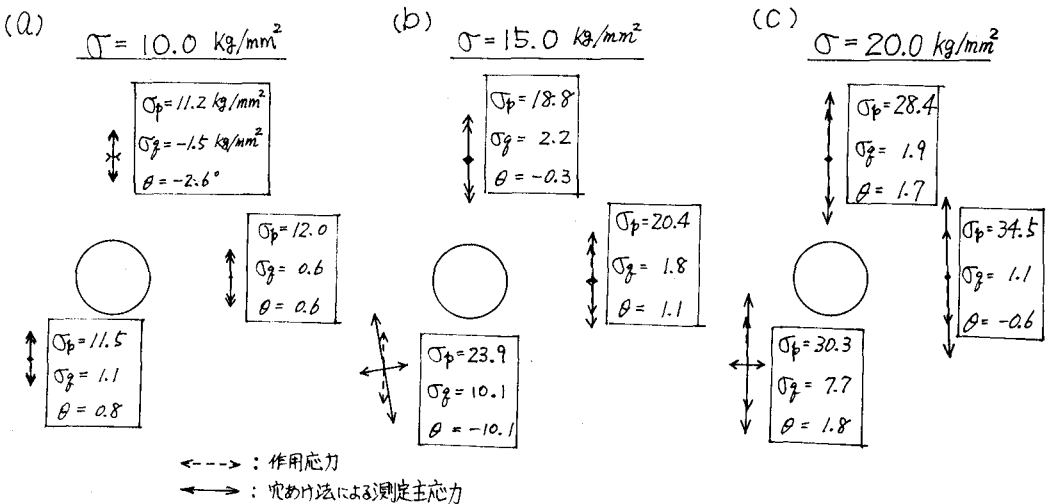


図-5 穴あけ法による測定主応力図