

応力解放法による死荷重応力測定法の確立に向けての検討

名城大学 正会員 ○小塩 達也

1. はじめに

死荷重応力は、構造物の断面決定において重要な項目でありながら、既設の鋼構造物での死荷重応力の測定方法はいまだ確立されていない。これまでの研究事例では、残留応力測定法を利用するのが一般的である。残留応力測定法のうち、非破壊的方法である X 線回折法や磁歪法では、表面の溶接残留応力を測定できるが、板厚方向に不均一な残留応力がある場合、板部材としての応力、つまり、板厚方向の平均応力は求めることができない。一方で、板厚方向の残留応力分布を調べる方法に材料の一部を破壊することで応力を解放させ、解放された応力をひずみゲージで測定する応力解放法がある。測定表面に貼付したひずみゲージの中心に穴を開けて、段階的に解放応力を測定する方法が穿孔法、ひずみゲージの外側をコアドリルなどで段階的に切削除去する方法がリングコア法と呼ばれている。本研究では、深い板厚方向での測定が可能と言われているリングコア法を実橋梁の部材上で実現することを想定し、原位置での切削方法の検証および試験片での解放応力の測定を行った。

2. 加工方法の検討

ひずみゲージの周りの材料を円形溝状に切削除去する方法としては、エンドミルによる方法、コアドリルによる方法が考えられた。コアドリルの場合、磁力で吸着して穿孔する機材が商品として存在するが、コアドリルは円周状を一度に切削するために大きな切削反力を要し、モーターは比較的大きくなり、これを支え保持するために装備全体が大掛かりなものになる。また、中心のひずみゲージを損傷しないようにするためには、中心のガイドドリルなしのコアドリルを使用し、かつ切削のたびにひずみゲージのリード線を外せる仕組みが必要である。一方で、フライス盤と呼ばれる工作機械の切削工具として用いられるエンドミルは、切削速度はコアドリルよりも遅いが、小さな領域を少しずつ切削するため、切削反力は小さく、エンドミルを保持するモーター自体はコアドリルの数分の 1 の大きさで済むと考えられる。その代わりに、フライス盤のようにエンドミルを X-Y-Z の 3 軸に動かす仕組みが必要である。机上での検討の結果、主に木工用 NC ルーターとして設計されているカナダの Sienci Labs 社の Longmill Mk2 で、リングコア法の実現可能性を検証することにした。

3. 使用機材および測定方法

写真 1 に使用した NC ルーターを、写真 2 にフライスモーター部分を示す。フレームを加工し、できるだけ小さくするとともに、加工に適した小さなフライスモーターを選択し、取り付け用のアタッチメントを設計して装着した。このフライスモーターに、刃径 3mm のハイス鋼エンドミルを装着し、図-1 のようにひずみゲージの周りを円状に切削する。切削後の状況を写真-3 に示す。NC 制御のための G コード(制御プログラム)は Sienci Lab 社が推奨するソフトウェアで作成した。ひずみゲージはゲージ長 1 mm の 3 軸ひずみゲージ(直径約 4 mm)とし、この周りを外径 20 mm となるように溝加工を行なった。溝深さは 1mm ごととし、リード線とエンドミルの干渉を避けるために 180 度ずつ切削して停止、リード線の位置をずらして切削を再開、全周切削したのちにひずみを測定、を繰り返した。穴の外径を 20 mm としたのは、原位置の復旧に高力ボルトを用いることを想定したものである。また、この測定方法ではひずみゲージと切削部分が 10 mm 近く離れることになり、切削により解放される残留応力の測定精度が低下することが考えられるが、平均的な応力に対しては板厚方向の残留応力の成分を減じるという点で有効であると考えている。

4. 測定結果

試験体は、板厚 9 mm の黒皮付き圧延鋼板(SM490 相当)とした。この試験体および切削装置を固定し、加工および加工各段階のひずみ変化を測定した。各段階でひずみの波形を観察したところ、切削による熱の影響は小さく、切削

キーワード 鋼構造物, 死荷重応力, 残留応力, 応力解放法, 穿孔法, リングコア法

連絡先 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部環境創造工学科 e-mail: tojio@meijo-u.ac.jp

停止後数秒でひずみ値は安定した。図-2 および図-3 に各切削段階での最大主応力の計算結果を示す。これらの値は、一定値に落ち着いたところでの値を示している。加工開始前すなわちグラフでの 0 mm の場所でバランスを取り、その後継続して計測している。いずれも 1mm の段階で 50~100MPa の引張ひずみの解放が観測されている。これは、表面上の残留応力をそのまま示していると考えられる。一方、切削を続けて板厚方向に貫通する間際にも同様な値だけ応力が増加している。今回の試みでは、板厚方向のすべてにおいて、ある程度の解放応力の変化がみられており、板厚方向全体にある程度の感度を有する加工・測定方法であると考えられる。今後は、加工方法のさらなる簡略化と、測定値からの応力分布の推定方法の確立を目指している。

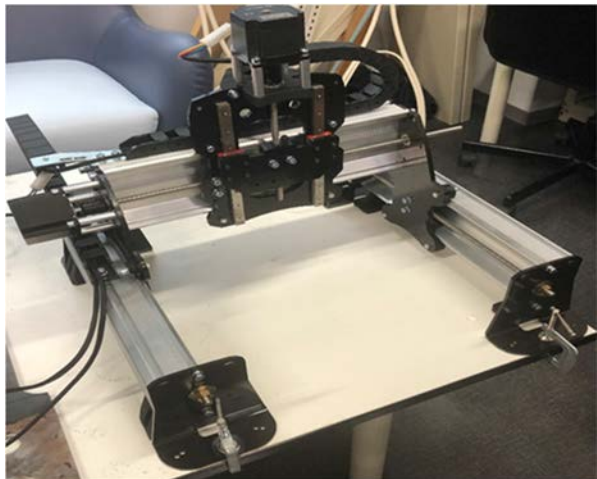


写真-1 使用した切削装置（フレームおよびXYZ 軸移動機構）



写真-2 切削部（フライスモーター）

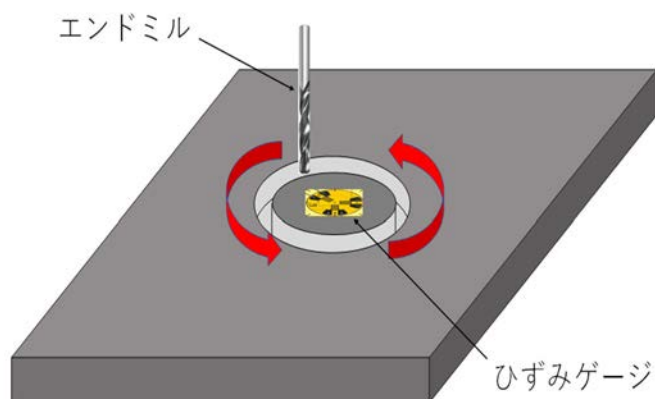


図-1 エンドミルによる切削方法の概要



写真-3 実際の切削状況（中央にひずみゲージ）

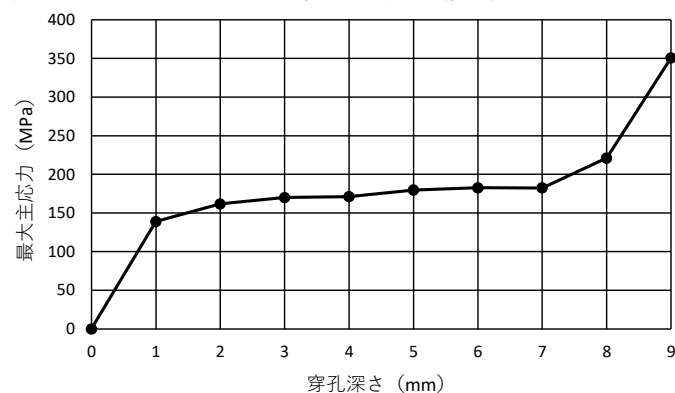


図-2 各切削段階での最大主応力計算結果（No.1）

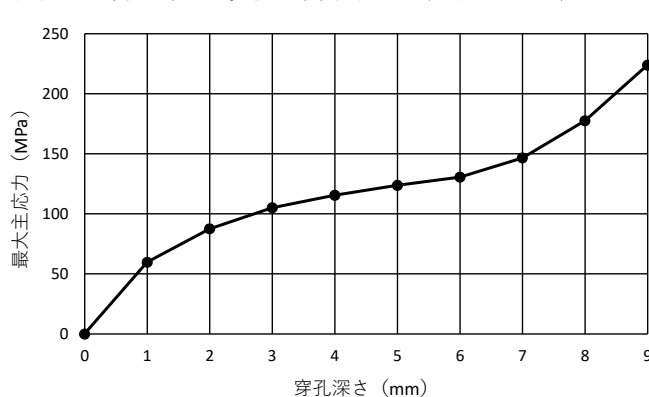


図-2 各切削段階での最大主応力計算結果（No.2）

参考文献

- 1) 三上隆男, 松田昌悟, 鈴木優平, 高久泰弘: 穿孔法による残留応力測定技術の検証試験 (厚肉試験体の場合) IIC REVIEW/2015/04. No.53