

自動ねじ検査システムに関する研究

田中 好一^{*1}, 伊澤 悟^{*1}, 南斉 清巳^{*2}, 堀 三計^{*3}

Study on Automatic Screw Inspection System

Kouichi TANAKA, Satoru IZAWA, Kiyomi NANSAI and Sankei HORI

The threaded screw hole is often tested using the screw gauge manually. The change of a minute torque acts on the screw gauge when the screw gauge is put in a defective screw and it rotates. In this case, the inspector who inspects the screw judges it as “defective” by the feeling of the change of the minute torque. The purpose of this study is to develop the automatic screw testing system instead of the manually testing. Concretely, this paper inspects the screw with the gauge, measures the value of the torque, and clarifies the value of the torque which leads to “defective”. Moreover, the screw testing device was developed based on those data.

KEYWORDS : Internal thread, Screw gauge, Testing, Torque, Automatic

1. まえがき

工業製品には、あらゆる所に『ねじ』が使用されている。これらの製品の高い精度と信頼性を確保するためには、ねじの全数検査が必要となる。

現在行われているねじ検査の方法は、レーザーによるねじの異常検査やビデオ撮影による画像処理診断など非接触式のもので異常を検知し、異常と思われるねじについては、ねじゲージによる最終チェックを行う場合が多い。この場合、ねじ検査を人手に頼る場合が多く、熟練に頼る人為的ミスや生産コストの増加が問題となる場合が多い。

本研究者は、自動ねじ検査システムの基本設計及び装置の開発を目的とし、報告^{1), 2)}を行ってきた。今回の報告では、ねじを検査する作業者が

良品、不良品を見分けるときの微小なトルクを測定し、その結果を用いることで、自動でねじ検査が行える装置の試作を行ったので報告する。

2. ねじ検査時の微小トルクについて

2. 1 不良ねじ(キズ有り)の製作方法

ねじゲージで不良ねじ(キズ有り)を検査した場合のトルクの値を調べるため、任意の条件でねじにキズが付けられる装置を製作した。図1にはその実験装置を示す。

テストピースの材質には S55C 材を使用した。寸法は 20mm×20mm×8mm, 中心に M4, ピッチ 0.7mm の雌ねじが加工してある。実験装置は、

*1, 機械工学科 (Dept. of Mechanical Engineering) E-mail : ktanaka@oyama-ct.ac.jp

*1, 機械工学科 (Dept. of Mechanical Engineering)

*2, 電気電子創造工学科 (Dept. of Innovative Electrical and Electronic Engineering)

*3, 筑波大学 (University of Tsukuba)

160mm×260mmの基礎鋼板に高さ260mmのチャンネル材を直角に取り付け、高さが260mmの位置で、ケガキ針が固定されている。

また、45度に傾いた台にテストピースを固定する。これは、ねじ山にキズをつけたい位置に確実にキズを付けるためである。なおケガキ針（先を

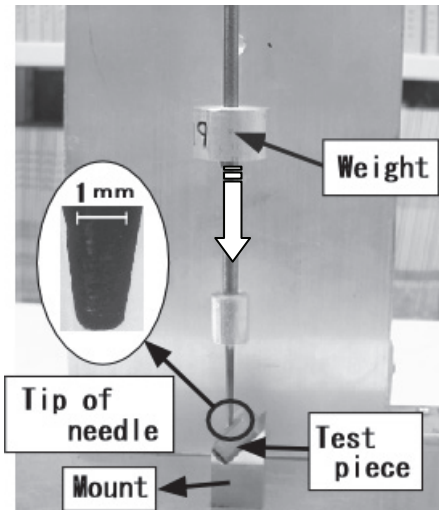


図1 任意の大きさの不良ねじ作成方法

少し丸めたもの)の先をテストピースのねじ穴にセットする。セットする際は、ねじ山の始まりから三つ目の山とする。おもりの材質は、アルミを使用し、15~34g(約2gおき)で、高さ50mm、100mmから落下させ、ねじ山にキズ(徐々に大きくなる)を付けた。

実験は、拡大鏡を用いて位置を確かめながら行い、そのときのテストピースは、合計40個製作した。図2はその一例として、キズをつけたテストピースの断面を示した。

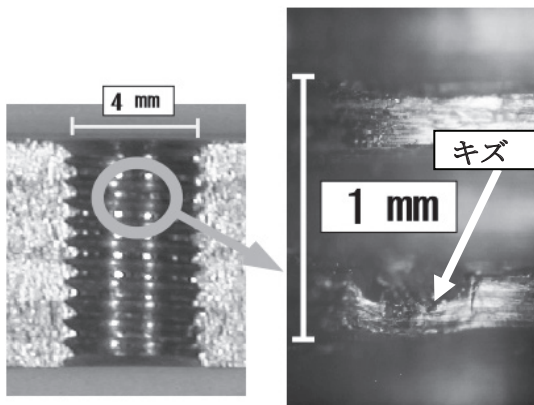


図2 不良ねじの一例

2. 2 ねじゲージによるねじの検査について

ここでは、ねじゲージで良品・不良品ねじを検査したときの微小トルク(引っかけり)を測定する方法について述べる。

図3はその実験装置を示す。300×350mmの鋼板に高さ270mmのチャンネル材を直角に取り付ける。微小トルク計を上下逆に取り付け、下部と中部を固定する。微小トルク計の測定部が、プラスチックドライバー状になっており、テストピース台の下部のねじとかみ合わせ、ねじ山の不良によって生じたトルクが測定できるようになっている。

実験は、キズを付けたテストピースを測定部のくぼみに設置し、テストピースは遊びを無くするため、中心をそろえ4箇所からねじで固定した。その後、熟練作業者にねじ検査を行ってもらい、検出されたデータ(微小トルク)をパソコンに取り込みデータ化し、力の変動具合を同時に観察できるようにした。そのときの注意点として、始めに検出された高いトルクは、手が触れたときの異常トルクであるため、考慮しないこととした。

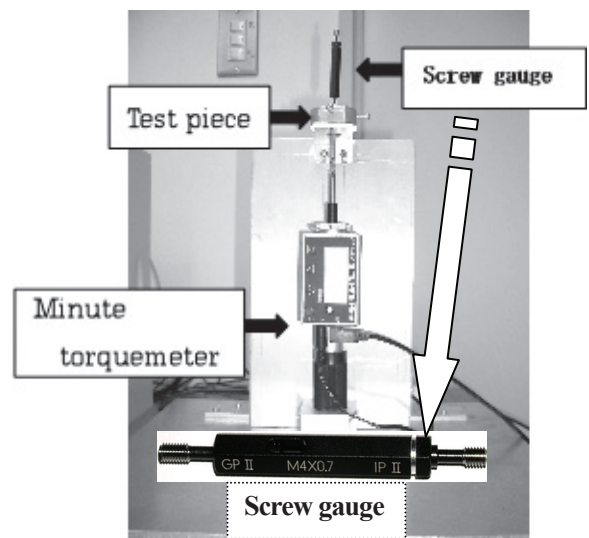


図3 ねじゲージを用いて検査するときのトルク測定装置

2. 3 良品ねじと不良ねじのトルクについて

図4は、雌ねじにキズを付けるときの条件として、おもりが27gで落下高さが100mmで製作したときのテストピースを用い、熟練作業者がねじゲージで検査したときの測定データ(トルク)で

ある。同図の中で、実験開始から約6秒後に現われたトルクの値が最も大きく、ねじゲージがキズのあるねじ部を通過したことを示している。

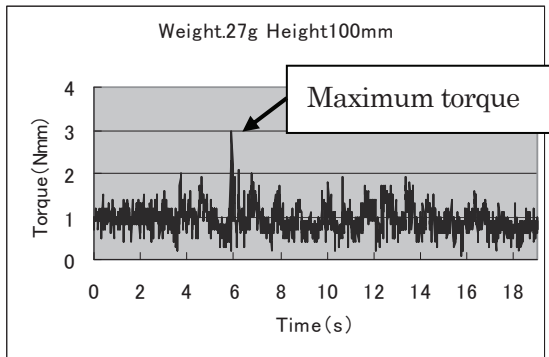


図4 キズ有ねじのトルク変動の一例

実験は、図4に示した波形において、最大トルクの値を求めると同時に、ねじ検査を行う作業者がコメントするテストピースの良品、不良品を記録した。なお、作業者が良品又は不良品を判断するのに困難な場合には中間品とした。以上の実験方法で、テストピース40個について行った。そのときの結果を図5に示した。同図において、縦軸に示す良・不良(◆:Good), 中間(●:Middle), 不良(▲:Bad)の結果は、熟練作業者が判断した結果を示す。また横軸は測定したトルクにおいて、その最大値を表したものである。同図からわかるように、良品と中間の値には多少のばらつきがあるものの、約2.8 mNmまでを良品であると判断できる。

また、約2.0 mNmのトルクでも、その値が長く続くと、ねじ検査の作業者に、不良または中間と

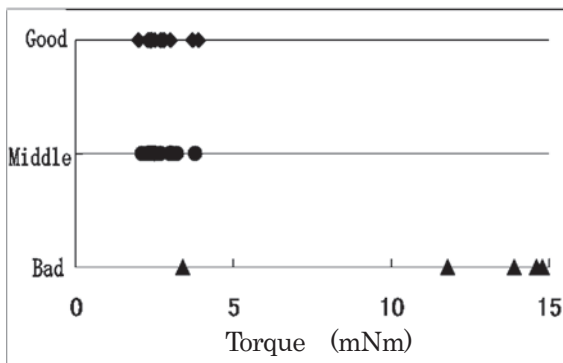


図5 熟練作業者のねじ検査(良品と不良品の判断)とトルクとの関係

判断されることがあった。更に、約4.0 mNmに近いトルクが作用しても、1回のみ引っ掛かりでは、良品や中間と判断されることがあった。

これらの理由としては、ねじにキズを付けるとき、おもりが重くなるにつれてねじへのキズが深くなり、引っかかりが大きくなるが、その分、横からの力に対して弱く、ねじゲージが通過した瞬間変形したネジ山が折れ、不良と判断されなかったものと考えられる。

3. 試作した自動ねじ検査システム

3.1 外観と仕様について

本研究では、熟練作業者が判断した感想とトルクの結果をもとに、ねじゲージを検査対象のねじに差し込み、トルクゲージを付けたステップモータで回転させ、複数のねじを自動的に検査できる装置を試作した。具体的には、ステップモータ、ねじゲージ、微小トルク計を用いてねじの検査を自動化したものである。

図6は、検査装置の外観を示す。ねじの検査装置は、基礎鋼板に付けたチャンネル材に、各々のパーツを取り付けた構造になっており、①ねじゲージの上部にベアリングを介してねじゲージを回転させる検査部の②ステップモータと③微小トルク計が設置してある。また、トルク計で検出された値は、④表示計に0.01(s)間隔で入力される。その値をVisual Basic内に取り込み、パソコン上の画面に表示されるようになっている。また、⑤上下移動用モータによってねじゲージ、検査部のモータ、トルク計といった検出部を上下に移動することが可能である。そして、その上下方向の移動量は、⑥に示す位置ゲージで測定した。

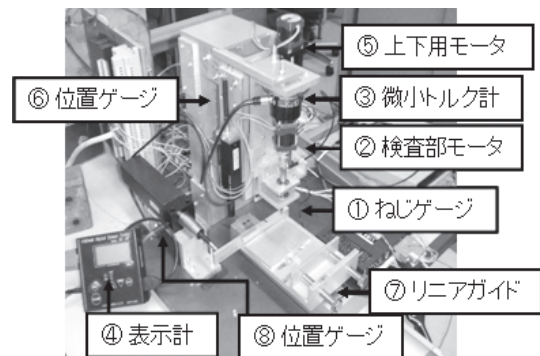


図6 試作した自動ねじ検査システム

これを用いることで、ねじに付いたキズの位置が測定可能となる。また、基礎鋼板上には⑦リニアガイド、リニアガイド上に検査品設置台がある。これを用いて、複数個所の雌ねじを連続して行なうことが可能となる。それらの左側に⑧設置台用位置ゲージがあり、これにより検査品設置台の移動量を計測する。

3. 2 装置全体の Visual Basic による動作プログラムについて

今回試作したねじ検査装置を動かすためのプログラムは、全て Visual Basic を用いた。3ヶ所のねじ穴に対し、ねじ検査を自動で行なうプログラムを製作した。今回製作したプログラムには、図7に示す検査用のテストピースに合わせて作成した。テストピースは、ねじ間距離 20 mm で M4, P0.7mm の雌ねじが 25 箇所加工してある。

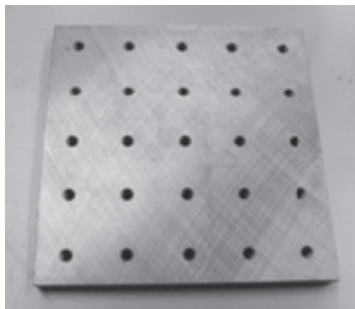


図7 検査用雌ねじのテストピース

次に、今回製作したプログラムについて説明する。プログラムを立ち上げると図8に示すパソコン用の画面が表示され、中央下部の①部のボタンをクリックすることで上下モータ・検査部モータ・リニアガイドを各々稼働させ、stop のボタンをクリックするとその動作は停止する。

また、②部には、微小トルク計の検出した値が 0.01(s) 間隔で入力され、その値が③部で縦軸を発生トルク(mNm)としてグラフ化される。④部にて位置ゲージの変位量が表示される。また、上下用では検査部の下方への移動量がプラスの値として表示され、設置台用では装置正面から見て設置台を手前に移動したときの移動量がプラスの値で表示される。

そして、⑤部にはねじ検査の結果として、検査時の最大発生トルクとその値が発生した位置(ねじ込み始めてからの変位量)、発生トルクから判断

した検査結果が表示される。さらに、⑥にはねじ検査を行なっている時の動作状態(ねじゲージをねじ込む等)が表示される。

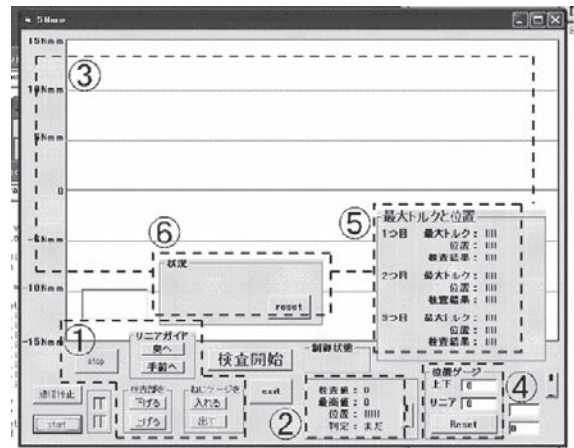


図8 プログラム起動時の画面

3. 3 ねじ検査の自動化の流れ

今回の試作機では、ねじ検査を開始する前にあらかじめテストピースの1つ目のねじ穴を、ねじゲージの下部に設置しておく必要がある。また、プログラムの構成上、ねじゲージの位置(高さ)は位置ゲージの可動部の変位が0、つまり検出部の移動を伝えるアルミ板が位置ゲージの検出部先端よりも高い位置に設置する必要がある。プログラムの検査開始ボタンをマウスでクリックすることで、ねじ検査がスタートする。なお、プログラムの構成上、検査開始前から微小トルクのグラフ化が行なわれるため、開始ボタンのクリックで③部をリセットしグラフの初期化を行なう。

検査をスタートすると、上下モータによりねじゲージをねじ穴の位置まで下降させる。そして、ねじ穴の位置まで下降させ、上下モータの回転を止め、④部の値をリセットする。次に、ねじゲージがねじ山の上部に位置しているかを確認するため、ねじゲージをねじ込む回転とは逆の方向にねじゲージを回転させる。そして、上下用の位置ゲージで上方向に値が検出されたら、ねじ山の上部に位置(ねじ山にねじゲージが乗っている)していることが確認でき、そこでモータの回転を一旦停止し、再度位置ゲージの値をリセットする。

さらに、ねじゲージを正回転させてねじゲージをねじ込み、ねじの検査が行なわれる。ねじ込む前に位置ゲージの値をリセットすることで、ねじゲ

ージをねじ込み始めてからの位置が③部に表示されていく。この際、微小トルク計の検出した値の最大値が更新されるたびに③部の最大トルクの値とその位置が更新され、その最大値を元に検査を行なった雌ねじの判定を行なう。そして5.0 (mm) までねじ込んだら、モータを止め逆回転させ、ねじゲージを抜き、位置ゲージで抜けたことが確認されたら、再度、検査開始前の高さまでねじゲージを移動させる。そして、③部のデータを⑤の1つ目の雌ねじに移し、③のデータを初期化し、1つ目のねじ穴の検査は終了となる。

その後は、リニアガイドで設置台を次のねじ穴の位置に合わせて移動させ、次のねじ穴の検査を行う流れで3ヵ所のねじ穴の検査を行なう。3ヶ所のねじ穴の検査が終了したら、1つ目の雌ねじの位置まで設置台を移動させ動作が終了となる。

3. 4 ねじ検査装置を用いたねじ検査の検証

製作したねじ検査装置を用いてねじ検査を行なった。ねじ検査には図9に示した任意にキズを付けたテストピースを用いた。このテストピースには黒マジックで記した位置に、図1で示した不良ねじ製作装置を用いキズを付けた。

本研究では、ねじ検査装置の動作確認が主目的であるため、ねじ山には大きなキズを付ける必要があった。これまでの実験データから小さなおもりでは、ねじ山にできるキズが小さすぎ、ねじ検査では良品となる。そこで今回の実験では、キズによる発生トルクの変化が、確実に見られるように大きなおもり、又はハンマで衝撃を伝え、比較的大きなキズを付けた。また、キズの位置や深さも不規則にし、様々なキズをねじに付けた。

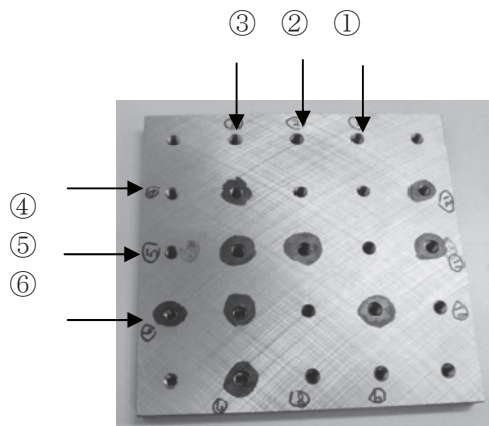
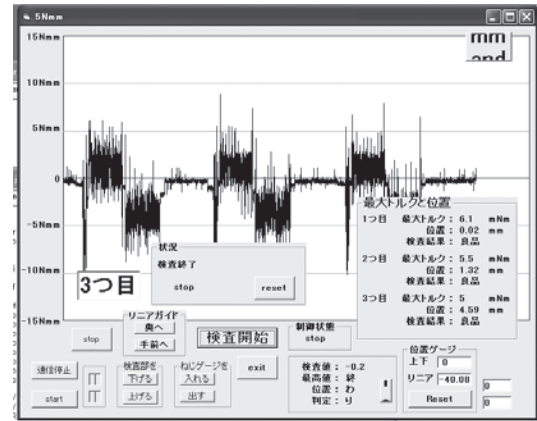
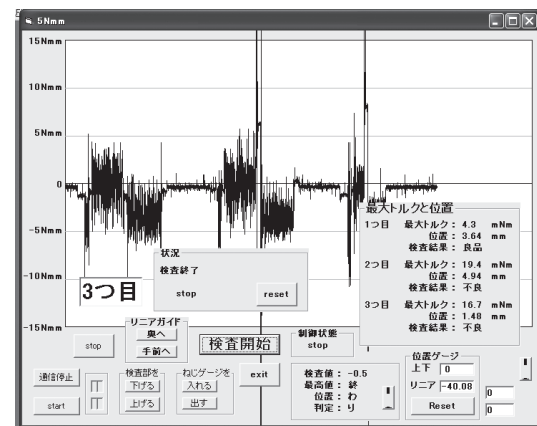


図9 キズを付けたねじ穴の位置

図9に示したテストピースの①のねじ穴から検査を行い、テストピースをスライドさせ②、③のねじ穴のねじ検査を行う。その後は、テストピースを90度回転させ④、⑤…と12タイプのねじの検査を行なった。このときの実験結果の一例を図10に示した。



(1) ①のねじ穴からの検査結果



(2) ⑤のねじ穴からの検査結果

図10 自動ねじ検査の一例

同10(1)は、3つのねじ穴全てキズを付けていないタイプの検査結果である。また(2)は2及び3箇所目にキズを付いたタイプの検査結果である。両図内の横軸において、0より上方がプラスで、下方がマイナスの値を示している。なお、検査結果で現れるプラス側に発生する値は、ねじゲージをねじ込んでいるときに発生するもので、逆にマイナス側で発生する値は、ねじゲージを雌ねじから抜いていくときのものである。ねじ検査時の判別は、ねじゲージをねじ込むときの値を参考に行う。今回は0~10 (mNm) までを良品、10

～15 (mNm) までを中間, それ以上を不良と表示するようにした. また, ねじゲージを回転するときの開始時と停止時には, 反作用でプラスとマイナスに大きな値が検出される. そこで, 検査結果の判定プログラムは, ねじゲージをねじ込んでから 0.2 秒後の発生トルクを参照するようにした.

今回は比較的大きなキズをねじ穴に付けてねじ検査を行なったため, 同図内の 2ヶ所目, 3ヶ所目の発生トルクはグラフの最大値の 15 (mNm) を超える値が検出された. また, ねじ検査の際にねじゲージが雌ねじのキズに食い込んでしまい, モータの回転力では抜けなくなるといった故障を防ぐため, トルクが 15 (mNm) を越えた時点で自動停止し, 不良と判断するようになっている. そのときの検査結果の拡大図 (図 10 における⑤の部分) を図 11 に示す. 図 11 から分かるように最大トルクとねじ込み始めてからの発生位置, そして良品か不良品かの検査結果が表示できるようになっている.

| | | | |
|-----|---|-----|--|
| 1つ目 | 最大トルク: 6.1 mNm 位置: 0.02 mm 検査結果: 良品 | 1つ目 | 最大トルク: 4.3 mNm 位置: 3.64 mm 検査結果: 良品 |
| 2つ目 | 最大トルク: 5.5 mNm 位置: 1.32 mm 検査結果: 良品 | 2つ目 | 最大トルク: 19.4 mNm 位置: 4.94 mm 検査結果: 不良 |
| 3つ目 | 最大トルク: 5 mNm 位置: 4.59 mm 検査結果: 良品 | 3つ目 | 最大トルク: 16.7 mNm 位置: 1.48 mm 検査結果: 不良 |

図 11 検査結果の表示部

4. まとめ

本研究は, 任意の条件で雌ねじにキズを付け, それを熟練作業者がねじゲージで検査するときの良品, 不良品との検査結果とねじゲージに作用する微小トルクを測定し, 両者の関係を調べた. その結果を要約すると以下ようになる.

- 1) 今回の雌ねじ (M4, P0.7) の場合, 不良と判断されるトルクの値は, 約 2.8 (mNm) 以上である.
- 2) 約 2.0 (mNm) のトルクが長期にわたって作用するときも不良と判断される.
- 3) 約 4.0 (mNm) のトルクがかかっても, 1回引っかかっただけでスムーズに入った場合, 良品や中間と判断される.

そして, ねじ検査を行える自動ねじ検査装置の試作を行った, その結果, 比較的大きなキズを与えた雌ねじに関し, 不良と判断できるねじ検査システムを製作した. その結果, 目的とする精度でねじ検査ができることを実証できた.

しかし, 製作した装置でキズの無い雌ねじのねじ検査を行うと, これまでの研究で得られたねじ検査時の良・不良と判断する値 (5.0 mNm) に近い, 又はそれを超える値が検出されるため, その値を小さくするための装置の改良が必要である. また, 多くのねじを検査するためには, 現在の 1軸のリニアガイドに加え, 2軸目のリニアガイドを追加する必要がある.

謝 辞

最後に, 本実験にご協力を戴きました, (株) 正和 小山工場の早乙女氏, 萩野氏 (文中の熟練作業者) に感謝致します.

参考文献

- 1) 石澤高志, 田中好一, 猪瀬善郊, 西脇信彦, 堀 三計: ねじ検査システムの開発, 機械学会関東支部ブロック合同講演会論文集, pp. 5-6 (2004).
- 2) 佐藤健太, 田中好一, 南齊清巳: ねじ検査システムの開発, 機械学会関東支部ブロック合同講演会さいたま講演論文集, No. 070-2 (2007)

【受理年月日 2015年 9月29日】