

トレパンボーリング加工における異常監視システムの構築

(株)日本製鋼所 青野文朗 加藤木修 高佐成樹 今村祐輔 ○大宮拓也

要旨

トレパンボーリング盤による深穴加工は工具の様子を目視で確認することが出来ないため、バイト欠損や切りくずつまり等の異常検出は作業者の技能に頼るところが大きい。そのため、経験の少ない若手作業者には異常の検出が困難であることから、異常検出の判断をサポートするシステムの構築が求められた。本報ではB. T. A方式のトレパンボーリング加工を対象とし、システムの構築に必要な異常検出方法の確立に向けた検討内容を報告する。

1. 目的・緒言

トレパンボーリング盤による深穴加工は工具の様子を目視により確認できないため、バイトの欠損等の異常検出は作業者の判断で行っていた。しかし、異常検出は作業者の技能に頼るところが大きい。判断をサポートする異常監視システムの構築が求められており、以前からB. T. A方式のトレパンボーリング加工を対象に振動データの解析を行ってきた。しかし、加工部の振動を直接測定できないことや、経年の機械構造や工場環境の変化により振動の挙動や外乱の要素も大きく変化したため、実使用に必要な解析精度は得られなかった。そこで、異常の発生時に大きな挙動の変化を示しやすいスラスト力(送り方向の力)を解析対象として、異常の検出方法確立を目指した。本報ではB. T. A方式のトレパンボーリング加工を対象としたMT法による異常監視システム構築を目的とし、異常の検出方法確立に向けた検討内容について報告する。

2. トレパンボーリング加工における異常監視方法

B. T. A方式のトレパンボーリング加工とは図1のように切削油による切りくず除去を行いつつ、中心材を残しながら深穴加工を行う方法である。現状では加工の際、作業者は主に機械(ボーリングバー)の振動、切りくずの形状、加工音、スラスト力といった切削挙動より正常・異常の判断を行う。本報ではこれらの切削挙動の内、異常の発生時に大きな挙動変化を示しやすいスラスト力を解析対象とした。

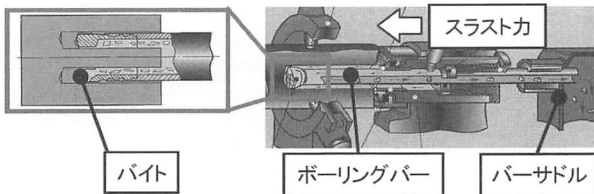


図1 B. T. A方式によるトレパンボーリング加工の概略図

3. スラスト力データにおける検討

・データ収集の方法

スラスト力のデータ収集は弊社の高速トレパンボーリング盤にて行った。データ収集は本機のバーサドルにロードセルを設置し、そこから発せられる電気信号を制御盤、AD変換器を通してパソコンに取り込むことで行った。データ収集装置を図2に示す。

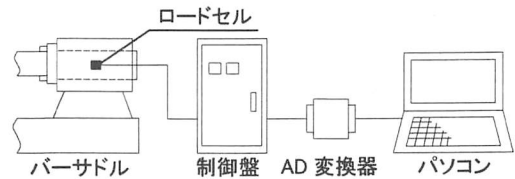


図2 データ収集装置の概略

・スラスト力データの傾向

トレパンボーリング加工で発生する異常としては大まかに「バイトの欠損」、「ボーリングバー内部での切りくずつまり」、「バイト摩耗の進展」の3つに分けられる。図3に正常(加工開始20[min])、バイト欠損、切りくずつまり、バイト摩耗進展(加工開始110[min])の波形をそれぞれ示す。異常発生時のそれぞれの波形が示す傾向としてバイト欠損は発生時にスラスト力の急激な増加が、切りくずつまり時発生後は正常に比べて波形のうねりや振幅の変動量増加が、バイト摩耗進展は正常時に比べて振幅の増加が多く認められた。しかし、各異常時にこれらの挙動が明確に現れないものもあり、また、異常の発生前は正常時と比較しても明確な挙動の違いは判断できず、波形形状の確認だけでは異常発生の検出は困難であった。

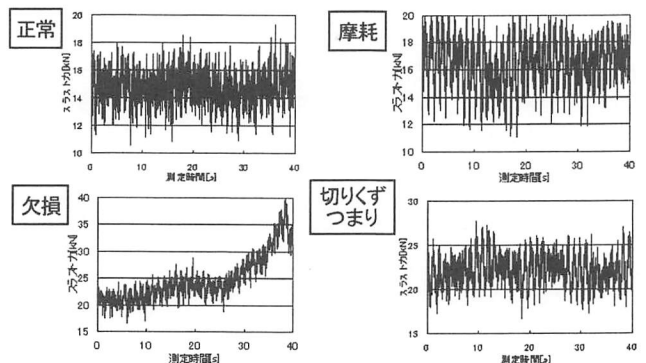


図3 スラスト力データ

4. MT法による解析の検討

・スラスト力データの解析方法における検討

そこで今回、トレパンボーリング加工で発生する異常を検出・予測する手段として、工作機械への動作監視などで適用例も多いMT(マハラビス・タグチ)法の利用を検討した。MT法とは正常とするデータ群から「正常なパターン」を読みとり、解析対象データのもつ傾向が「正常なパターン」と比較して、どの程度異なっているかを判定する解析法である。

・MT法の活用に向けたスラスト力データの解析

MT法による解析には特徴量というデータの抽出が必要となり、そのため前処理やパラメータの設定を実施しなければならない。これらを設定する上で解析する波形の周波数特性が重要となる。図4、5は正常、バイト欠損発生時のスラスト力データにFFT解析、バンドパスによるフィルタリング処理を実施したものである。

切りくずつまり、バイト摩耗進展にも同様の処理を行い比較したところ、いずれの場合も波形の挙動に明確な違いが発生するのは0.1~1.2[Hz]程度の低周波数帯であり、逆に7[Hz]以上の周波数帯では正常、異常における挙動は殆ど違いが見られなかった。このことから、スラスト力の波形形状に大きな影響を与える周波数帯は7[Hz]以下であると判断した。

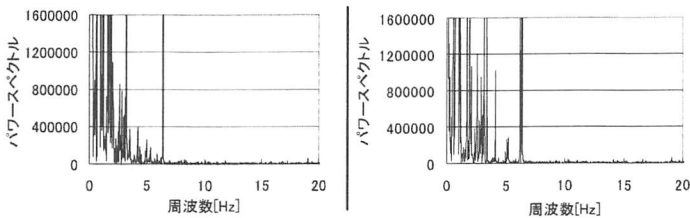


図4 FFT解析結果左:正常 右:欠損

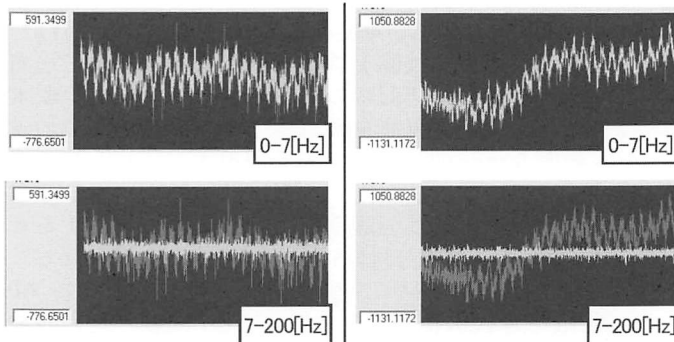


図5 バンドパス処理後のスラスト力波形左:正常 右:欠損

・MT法による解析

スラスト力データの解析は以下の手順で実施した。

1. 加工開始からスラスト力データのサンプリングを開始し、切削挙動が安定した時点で周波数特性や波形の挙動に応じた解析パラメータを入力する。
2. 1[min]毎にデータを分割し、前処理としてノイズの除去を目的とした移動平均処理と、波形の平滑化を目的とした平均値0化処理を実施する。
3. 分割したデータ毎に特徴量抽出を行う。
4. 抽出した特徴量データを解析し、正常・異常の判定を行う。

解析方法としては①対象データ1[min]毎に、その前10[min]のデータを正常データとして解析する方法、②過去の収集データから正常データを集め、そのデータを基に対象データを解析する方法の2種類で進めた。①はスラスト力データ波形の振幅・全体の平均値が加工毎に安定しないため、②はMT法による解析の一般的な方法として実施したものである。

・MT法による解析結果

①はバイト欠損や切りくずつまりといった異常の検知が可能であり、場合によっては異常発生前の予兆を検知できることもある。しかし、バイト摩耗に関しては正常データ群が時間経過により変化をするため、殆ど検知することが出来ず、また、解析精度を上げるためにはより対象データの時間を細分化する必要があるが、リアルタイムでの解析を検討する場合は処理データ数が非常に多くなるため、設備やソフト面でも難しくなる問題がある。②はバイトの欠損や切りくずつまりといった異常の検出はもとより、それらの異常が発生する数秒から数十秒前に予兆の検知が可能であり、解析精度も①より高かった。また、バイト摩耗に関しても、時間当たりを占める異常データ数の割合などから摩耗の進展具合をある程度予想できることが分かった。図6に②のバイト欠損時における解析結果の例を示す。尚、図中のマハラノビス距離とは異常の度合いを示す数値であり、6以上を異常の目安としている。

解析方法②の問題点として、場合によっては予兆の検知が困難なことや、検知した時間にムラが大きいことが挙げられる。また、正常に加工が行えても異常と判断されることがある等、改良の余地は大きい。

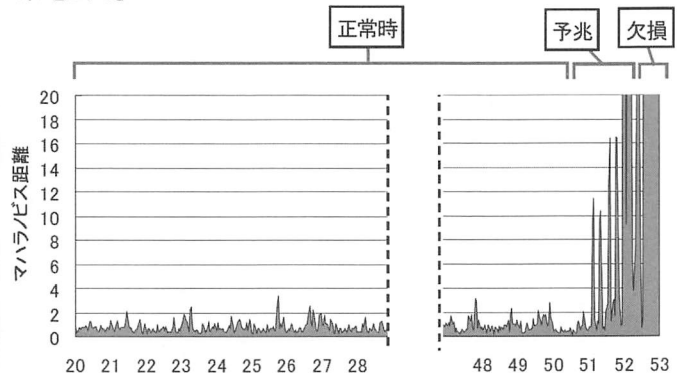


図6 解析方法② バイト欠損データ解析例

5. 今後の方針

以上よりスラスト力データのみでは解析精度の向上は頭打ちになる可能性があり、別パラメータによる複合的な解析が必要であると考えた。そこで現在、過去の異常監視システム構築の際に解析対象としていた振動データをスラスト力データと複合的にMT法で解析することによる解析精度向上を考えている。また、実加工における異常監視システム導入に向け、リアルタイムでの解析方法や必要なソフト等についても今後は検討していく。

6. 結言

本報ではトレパンボーリング加工の異常監視システム構築に当たって、以下の結論を得た。

- (1)スラスト力データをMT法により解析することで異常の発生だけでなく、予兆の検知も可能であることが分かった。
- (2)スラスト力データのみによる解析では解析精度が不十分であるため、精度向上に当たって振動データとの複合解析を検討していく。