

安定ポケットの理解と実用

応用事例 6

円筒研削におけるびびり発生の監視

1. はじめに

CutPRO は切削加工の解析を行うシステムであり、研削加工の振動現象を解析する機能はない。ただし振動を計測する機能は研削作業の観察にも使用できる。

研削加工で仕上げ面に模様を生じる現象には、多々異なる仕組みが関与しており、その仕組みごとに異なる解決策を取らなければならない。

研削面に最も多く見られるのは砥石をドレッシングしたときに砥石表面に残った凹凸がうつる現象であり、ドレッシングマークと呼ばれるこの問題はもっとも簡単に抑制することができる。

その次に最も顕著に見られるのは、「砥石面再生びびり」と呼ばれる現象であって、これは研削加工であれば事実上すべての場合に発生している。ただしその程度によって許容できる場合とできない場合があり、いかにして許容できる範囲に抑制するかが問題である。

2. ドレッシングマークの抑制

2.1 往復ドレッシング

単石ドレッサーによって砥石表面を往復ドレッシングすると砥石外周には一周当たり 2 山のわずかな凹凸が発生する。その砥石を用いて研削を行えば、砥石 1 回転当たり 2 回の模様が研削面に発生する。

2.2 一方向ドレッシング

ドレッシングの際に、最終切込みを設定した後一回だけ一方向にドレッシングを行えば、上記の問題は起こらない。

ただし、往復トラバース研削を行えば、往きと戻りの加工模様が重なりあうため、上記と同じような模様が研削面に発生する。

従って、一方向研削のみで仕上げるか、またはプランジ研削を行うときのみ、ドレッシングマークは起こらない。

3. 砥石面再生びびり

砥石表面をドレッシングして研削作業を開始した直後から起こり始め、徐々にひどくなって砥石表面をドレッシングし直すことが必要となる、いわゆるドレッシング寿命の原因となる振動である。

3.1 砥石面再生びびりを生じる二つの主要原因

(1) 砥石回転の振れ回り

通常砥石のアンバランスと呼ばれているが、機械全体の揺動に伴い、図1に見るように砥石軸が一回転に一回振動しながら回転するので、工作物との接触がその周期で変化し、砥石表面に周期的な切れ味の変動が生じる原因となる。

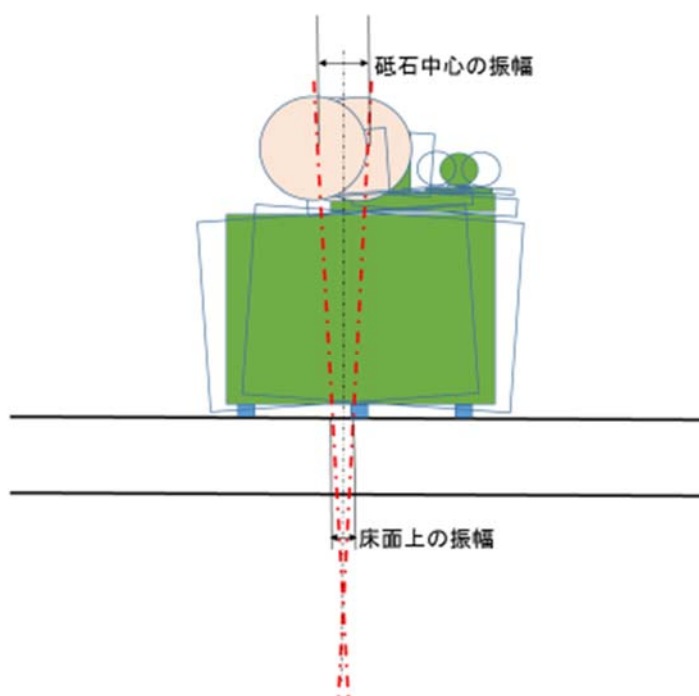


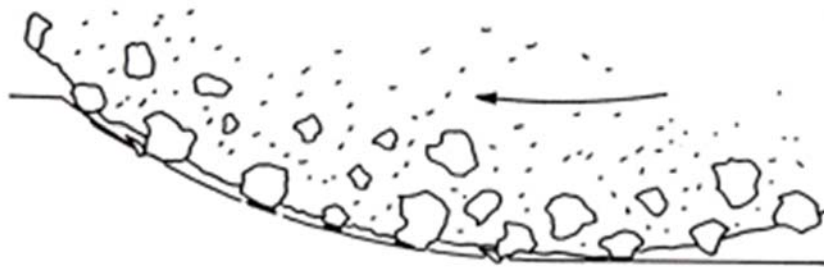
図1 機械全体がY方向に揺動する砥石アンバランスの説明

(2) 工作物の固有振動数

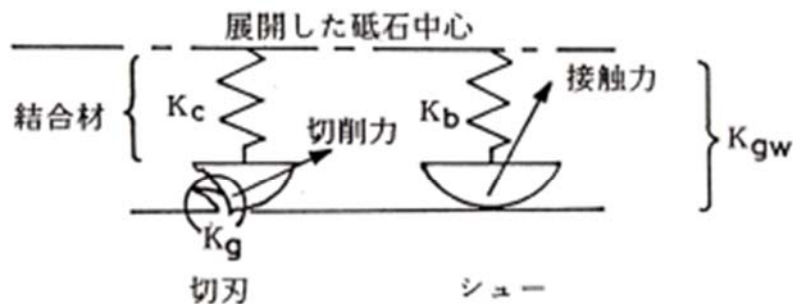
工作物が加工位置に把持されている状態で、振動しやすい速さ、つまり本来の固有振動数がある。

研削の場合には砥石表面の砥粒の内、図2に示すように材料除去を行う切れ刃としての作用を行うものと、工作物に接触するだけのシューとしての作用を行う砥粒とが混在している。

このシューとして作用する砥粒は、工作物を外部から支持する作用を行うため、工作物の固有振動数を高める効果があり、そのため工作物は本来の固有振動数より高い周波数で振動しやすい状態にある。砥石と工作面の接触状況によってシューとして作用する砥石による固有振動数の増大分は変化するので、研削作業においては工作物が振動しやすい速度が一定ではなく絶えず変動するという特徴がある。



(A) 砥石面上の砥粒のうち、切削する切れ刃として作用する部分と摩擦するシューとして作用する部分の説明図



$$K_{gw} = \frac{K_g \cdot K_c}{K_g + K_c} + K_b$$

(B) 作用剛性の数式モデル

図2 砥石面の工作物表面への作用機構

3.2 びびり発生の監視

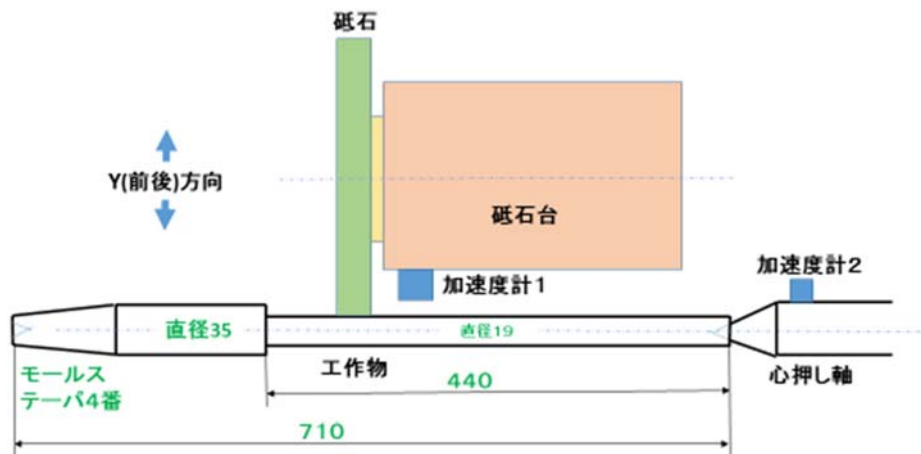


図3 びびり発生監視のための加速度計の配置

図3に示すように、2個の加速度計を使用する。加速度計1は砥石台のY方向振動（つまり砥石アンバランス量）を検出する。加速度計2は工作物から心押し軸に伝わるY方向振動を検出する。

3.3 測定例

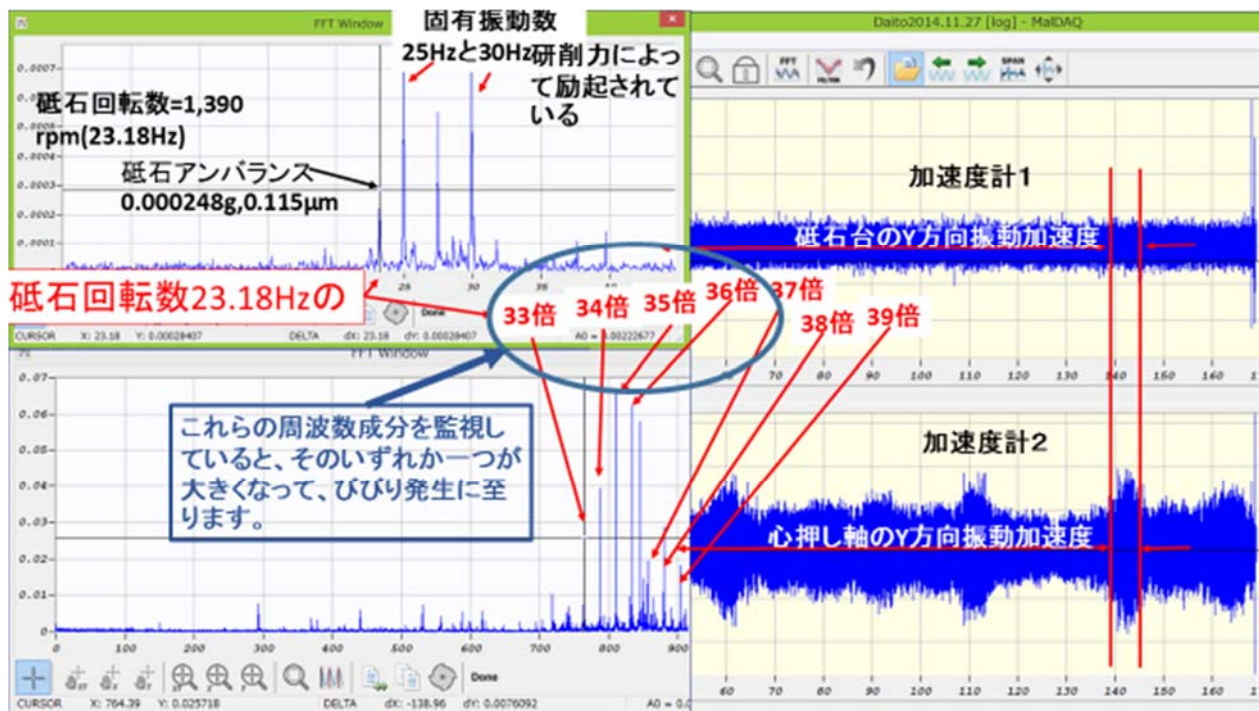


図4 びびり発生監視の測定例

先に図1に見たようなY方向に研削盤が揺動する固有振動数は、当該機械の場合25Hzと30Hzの二つある事が別途確認されており、砥石回転数はそれらの固有振動数を避けて、23.18Hzに設定されている。

図4上部に示す加速度計1の検出信号はそれら三つの周波数において砥石アンバランスの揺れが生じていることを示している。

下部に示す加速度計2の検出信号は、砥石回転数23.18Hzの多数の高調波成分があるが、その内の33倍の周波数成分が現在のところ一番大きく、砥石表面に一周あたり33山の切れ味の変動が生成し始めていることが判る、

3.4 長時間の観察例

図5の観察例では、研削開始後10分では砥石軸回転周波数の複数の高調波成分が大きき拮抗しているが、15分経過後では29倍周波数の成分が際立って大きくなり、20分経過後にはさらに増大していることが判る。この状態では、す

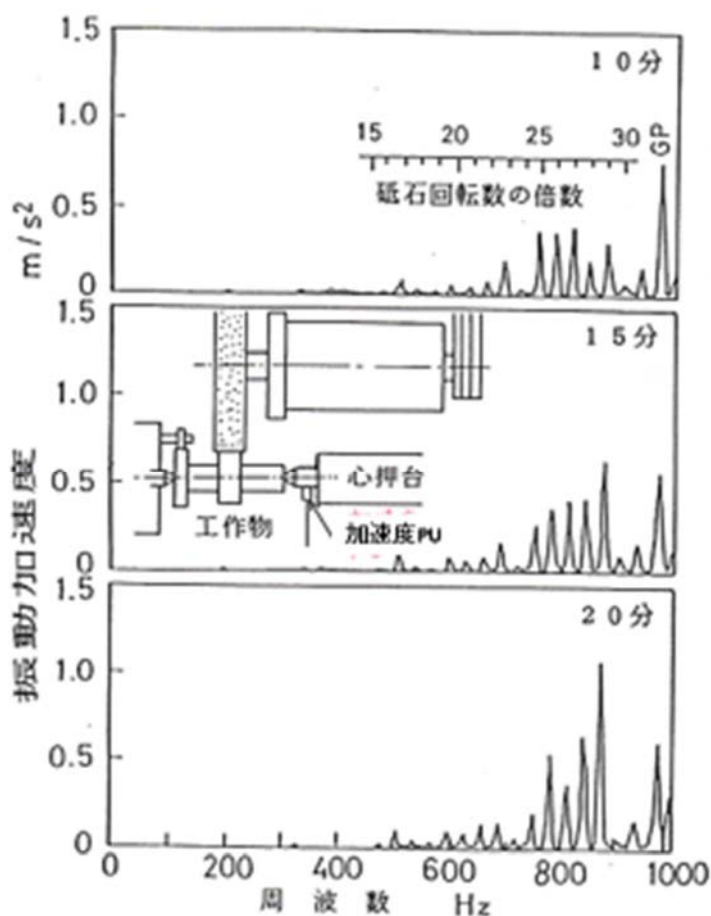


図5 長時間監視を続けた場合の記録例

で砥石外周に一周当たり 29 山の切れ味の変動が生成されており、砥石面再生びびりが発生して研削音が甲高くなり、再ドレッシングを必要とする砥石寿命に達している。なお図右端に GP と記した周波数成分が最も大きいですが、これは実験に用いた研削盤では常に現れる振動で、砥石軸の静圧軸受用ギアポンプが発生するものであるが、その周波数に対応する振動マークが仕上げ面に生じないことが確かめられている。

6. 結論

砥石面再生びびりは、研削作業で最も頻繁にみられるびびりであり、しかもそれを抑制する方法はこれまでかなり困難であった。

CutPRO の計測機能を使用して図 3 に提案したような振動監視を行うことにより、当該びびりの発生を可視化しびびり発生が感知された場合には、例えば砥石回転速度を操作するなどして回避することができるようになる。

以上