

ロッキング振動の低減のための 工作機械支持部に使用する減衰付加機構

森 幸太郎

1. 背景・目的

加減速によって生じる低周波ロッキング振動は、残留振動は主の原因であり、精密工作機械の生産性を低下させる。図1にロッキング振モードの一例を示す。

ロッキング振動には支持部の振動特性が大きく影響する。ロッキング振動による残留振動を低減するには、工作機械支持部の減衰（支持減衰）を増加させる必要がある。一方で、支持部の剛性（支持剛性）が低下すると、機械の振動特性が悪化する。そのため、支持剛性を低下させることなく、支持減衰を増加させる必要がある。既存の工作機械支持部用ダンパの多くは、機械の振動絶縁を目的としたものである。支持減衰を増加するが、支持剛性を低下させるものが多い。そこで、本研究では、支持剛性を低下させずに支持減衰を増加できるダンパを提案する。

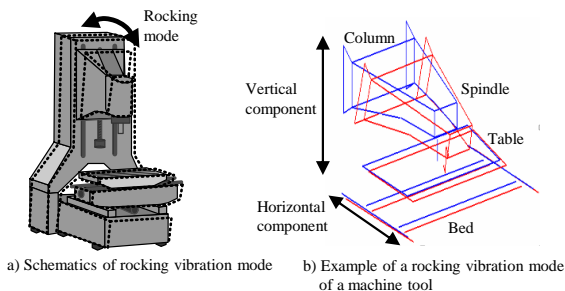


図1 工作機械のロッキング振動

2. 提案したダンパ

図1bに示すように、ロッキング振動には水平成分と垂直成分がある。従来の減衰付加機構は、図2aに示すように、減衰機構を直列接続しているものが多く、ダンパの低剛性により全体の剛性が低下していた。本研究では、ロッキング振動の水平成分に注目した。そして、図2bに示すように、減衰機構を支持部に対して並列接続する。これにより、減衰機構が低剛性であっても、支持部全体の剛性が低下しない。本機構の減衰材にはイソプチレン系熱可塑性エラストマを用いた。

3. ダンパによる減衰効果

自重約5 tの立型マシニングセンタを使用して、提案した減衰付加機構の効果を検証した。テーブルに治具を設置し、主軸に取り付けたレーザー変位計で工具—工作物間の相対残留振動を測定した。図4に結果を示す。同図より、ロッキング振動が減衰し定常状態に戻るまで、1.5秒程度かかっていたものが、1秒程度まで約0.5秒短くなることがわかる。

4. モデル化によるダンパの減衰付加量の定量的予測

本ダンパには減衰能の荷重・変位依存性があり、付加できる減衰量が各工作機械の振動特性に影響する。そこで、工作機械を2自由度振動モデルと、エラストマの非線形モデル(金子ほか, 1998), 逐次計算手法を組み合わせて付加減衰量の定量的予測を行う方法を提案した。

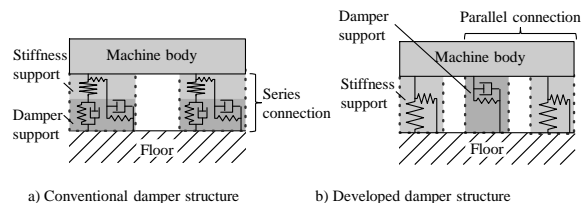


図2 支持機構の接続

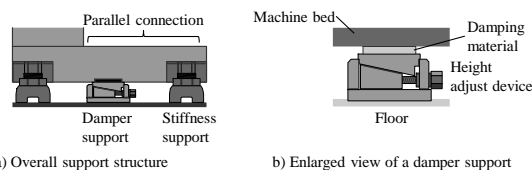


図3 提案した減衰付加機構

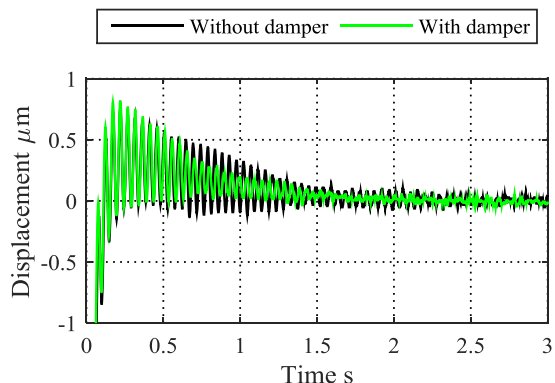


図4 提案機構によるロッキング振動の減衰効果

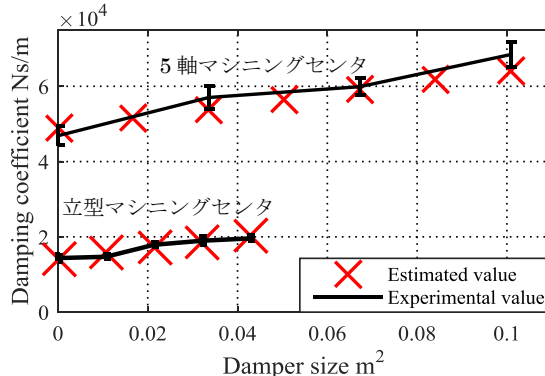


図5 増加する減衰のシミュレーション結果と実験値の比較

そして、前述の立型マシニングセンタおよび自重約9.4 tのテーブルチルト型の5軸マシニングセンタに対して、提案した手法を適用し、提案手法の検証を行った。

図5に結果を示す。シミュレーションによる推定値と実験値が良く一致しており、提案したモデルで、ダンパの減衰付加量を定量的予測できていることがわかる。