ノート

シミュレーションを用いた不等ピッチメタルソーにおける刃型最適化設計技術の開発

片山　聡*　櫻井　貴文*

Development of Optimization Design Technology of Unequal Pitch Metal Saw by Computer Simulation

KATAYAMA Satoshi* and SAKURAI Takafumi*

1. 緒　　言

不等ピッチを採用した回転工具は，加工時に発生する振動を抑制し，加工効率や品質，工具寿命を向上させる[1-2]。メタルソーはエンドミルに比べ刃数も多く，ピッチの組み合わせは無限に近い数が想定される。そのため，刃型の最適設計は非常に困難であり，基本形状から手探りで設計しているのが現状である。

そこで本研究では，不等ピッチメタルソーの最適刃型設計技術におけるシミュレーション技術の活用方法について検討した。

2. 研究結果

2.1 切削実験による加工時の振動および周波数成分の分析

同じ刃数を有す等ピッチメタルソー，不等ピッチメタルソーによる切削実験を行い，工具動力計（日本キスラー（株）製 9257B），動ひずみ測定器（(株) 共和電業製 EDX-1500A-16AD）にて切削荷重を測定した。測定された切削荷重は動ひずみ測定器付属の FFT 分析機能にて，周波数毎の強度（Magnitude）を分析した。

図 1 に切削荷重の FFT 分析結果を示す。等ピッチでは刃数×回転数の成分とその倍数成分が現れている。不等ピッチでは等ピッチと同じ周波数のほか，その前後にも波形が現れていることが分かる。

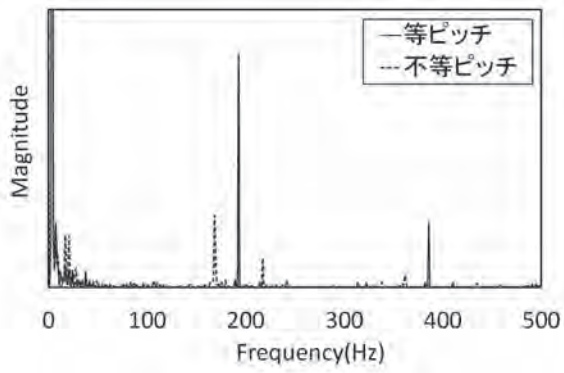

図 1　切削荷重の FFT 分析結果

2.2 切削時の振動周波数解析

LSTC 社製動的陽解法有限要素法ソフトウェア LS-DYNA を用いて，不等ピッチメタルソーの振動周波数（ワークとの接触頻度）を簡易的な接触シミュレーションより求めた。FFT 分析には LSTC 社製 LS-PrePost4.2 を用いた。

切削実験とシミュレーションとの FFT 分析結果を図 2 に示す。振動周波数の傾向はよく一致しているが，シミュレーション結果では切削実

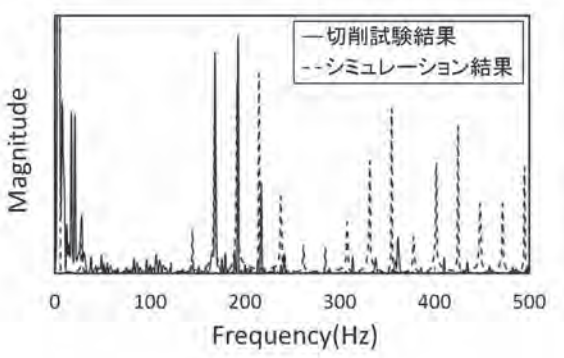

図 2　切削実験とシミュレーションとの比較

*　研究開発センター

験よりも高周波成分が大きくなった。これは切削における減衰効果（ワークの塑性変形に費やされるエネルギなど）を考慮せず，接触荷重を求めたためと考えられる。切削シミュレーションソフトウェアを用いればこの問題は解決すると考えられるが，刃型により振動周波数がどのように変化するかを定性的に求めるには本研究にて実施した簡易的な接触シミュレーションでも十分な精度を有しているといえる。

なお，事前にモーダル解析を実施し，接触周波数と共振周波数が十分に離れていると確認された場合には，振動周波数は表計算ソフトウェアなどでも求められることも分かった。FFT 分析における処理点数を多くとれないという問題はあるが，簡易的な手法としては有効である。

2.3　刃型の最適化

接触シミュレーションにて刃型形状による振動周波数とその強度の変化を求めたところ，同じ刃数であってもピッチにより結果が異なることが分かった。不等ピッチメタルソーにおいても，基本的には刃数×回転数の成分が最も大きくなるが，適切な刃型設計によりそれを低減できることをシミュレーションにより確認した。

3.　結　　言

(1)切削実験における振動挙動を再現する簡易的なシミュレーション手法を考案した。

(2)最適な刃型設計により振動周波数を低減できることが分かった。それをシミュレーションにより予測できることが分かった。

(3)シミュレーション技術を活用することで刃型設計を迅速に行えることを示した。

参考文献

1）社本英二，景山和宏，森脇俊道，"不等ピッチエンドミルによる再生型びびり振動の抑制:解析モデルの構築とピッチ角の最適化"，一般社団法人日本機械学会関西支部講演会講演論文集 2002（77），2002，pp."3-5"-"3-6".

2）小島拓也，鈴木教和，社本英二，"不等ピッチ／リードエンドミルによるびびり振動の抑制:安定限界に対する半径方向切込みの影響"，精密工学会学術講演会講演論文集 2011A（0），2011，pp.315-316.