

## 切削加工中の「びびり」を抑制する 治具形状の検討

研究・開発機関 : 長野県工業技術総合センター  
 利用施設 : センター内システム  
 計算規模 : PCサーバ Intel Xeon CPU E5-2687WV4 RAM128GB 2並列  
 28,212節点、152,729要素 解析時間: 30分×2回で1時間  
 利用ソフトウェア : SolidThinking INSPIRE

### Before

- 切削加工において「びびり」は、切削面の表面性状の低下だけでなく、工具、工作機械へのダメージやチャック(ワークを固定する工具)の緩み、騒音などの原因となります。
- 「びびり」への対策として、治具によるワークの剛性の向上が挙げられますが、限られた空間で剛性の高い治具形状を考案するのは容易ではありません。

### After

- トポロジー最適化手法を用いて、ワークに応じて治具形状の最適化を図りました。
- この治具を用いることで「びびり」が抑えられ、切削面の表面性状が改善できました。
- また、短時間で効果的な治具形状を得られる手順が確立できました。

### 背景と目的

「びびり」とは、切削加工において工具とワークに生じる振動現象を指します。「びびり」が発生すると図1のように切削面にウロコ状の凹凸が発生し、表面性状が低下し、さらに、工具、工作機械へのダメージ、チャックの緩み、騒音の発生などにも繋がります。「びびり」への対策は、要因により様々ですが、その一つに、ワークの剛性を治具により向上させる方法が挙げられます。しかしながら、限られた空間の中で剛性を高める治具形状を考えるのは容易なことではありません。

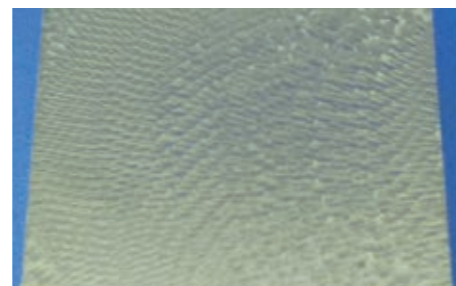


図1 「びびり」が発生した切削面

一方で近年、ドラスティックな設計アイデアを得るツールとして『トポロジー最適化』が注目されています。その概念図を図2に示します。トポロジー最適化とは構造最適化の一つで、計算過程で要素毎の材料物性値を変化させることで、決められた条件、例えば保持条件や変位の制約などの中で、所望の性能が得られる最適な部材形状を得る手法です。

本事例では、トポロジー最適化を利用してワークの剛性を高める治具を設計し、加工時の「びびり」を抑えることを目指しました。

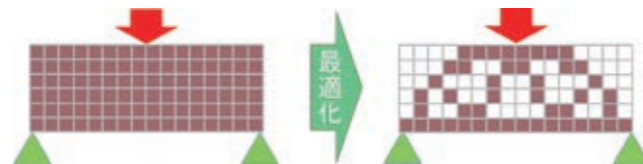


図2 トポロジー最適化の概念図

### ■ 利用成果

ワーク形状の例を図3に示します。この状態で切削面を加工した場合、図1のような「びびり」が発生します。そこで、それを抑制するための治具形状を検討しました。切削面の下部には治具形状が存在しても良い範囲となる設計領域(図4)を設けました。

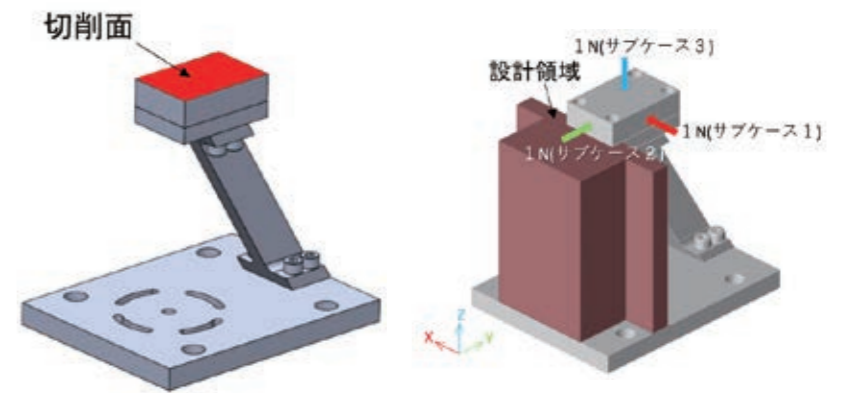


図3 ワーク形状

図4 解析モデル

トポロジー最適化計算では固有振動数が一定値以上で打ち抜き形状となる制約を与え、質量を最小化する条件を与えました。

最適化した結果を図5に示します。図4の最適化前のモデルと比較すると、余計な部材が削ぎ落とされていることがわかります。この形状をもとに再設計し、実際に作製した治具が図6です。

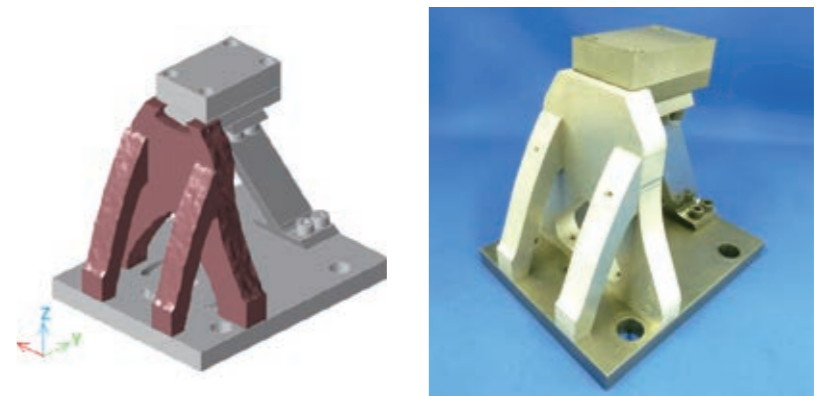


図5 解析結果(最適化後)

図6 作製した治具

切削後の表面状態を図7に示します。(a)は治具がない場合(図3の状態)、(b)は最適化した治具を使用した場合(図6の状態)です。最適化した治具を使用することで良好な表面性状が得られていることがわかります。また、両者の四角で囲んだ範囲の表面粗さを比較すると、大幅に改善されていることがわかります。

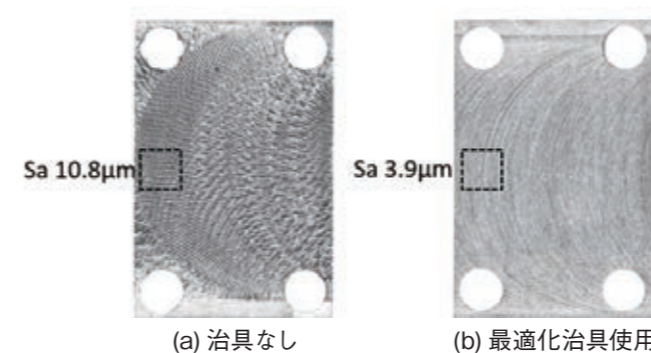


図7 表面状態

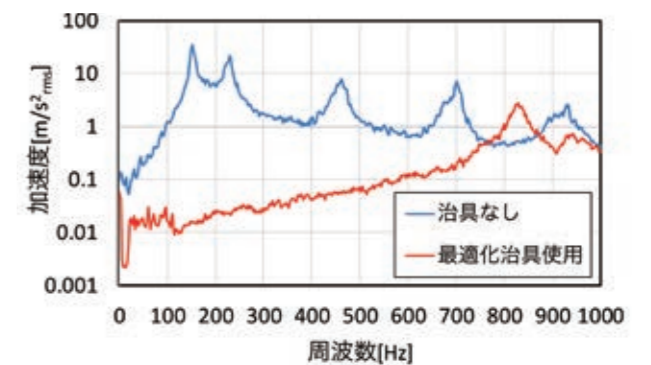


図8 振動測定結果

切削時の振動測定結果を図8に示します。治具がない場合では低周波数側にいくつかの大きなピークが見られますが、最適化治具を使用した場合では高周波側に振動成分がシフトし、ピークもかなり低減され、最適化による効果が表れていることがわかります。

本事例を通じ、トポロジー最適化を用いることで、治具設計の経験が乏しくても短時間で効果的な形状を得られ、その有用性を確認することができました。