

安定ポケットの理解と実用

応用事例 12

フリクシオンダンパーの応用

1. はじめに

振動を抑制するダンパーの代表的なものには、ダイナミックダンパーおよびインパクトダンパーがあるが、ここに述べるフリクシオンダンパーは構造が単純、スペースを取らない、チューニングが必要ない、などの特徴があり数キロ Hz 以上の高い周波数の振動抑制に効果大きい。その原理と応用例を紹介する。

2. 構造と原理

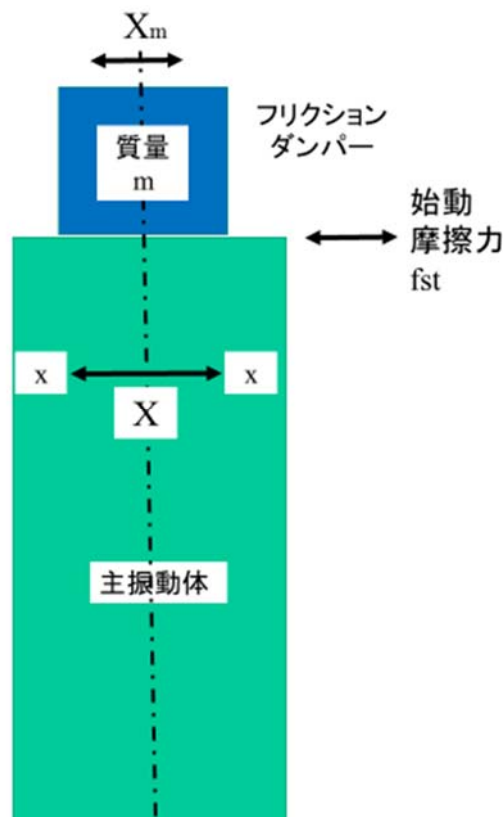


図1 フリクシオンダンパーの基本構造

周波数 Z Hz で X 方向に振動する主振動体上部に質量 m のフリクシオンダンパーが載っており、両者の界面には f_{st} の始動摩擦力があるものとする。

振動 X の振幅が小さい間は、フリクシオンダンパーは主振動体とともに運動するが、振幅が x_{ed} に達したときに、フリクシオンダンパーに作用する慣性力が f_{st} の大きさに達し、両者が滑りあう状況になるものとする。すべり合うことによって、主振動体の振動エネルギーを摩擦エネルギーとして消散するため、振動の振幅はそれ以上に大きくなることはない。そのような限界の振幅は次の式で与えられる。

$$x_{ed} = \frac{\left(1 + \frac{\pi}{2}\right) f_{st}}{(2\pi Z)^2 m} = \frac{2.57 f_{st}}{(2\pi Z)^2 m}$$

この値が十分小さく、例えば $0.01 \mu\text{m}$ 以下に抑えられようように設計しておけば、事実上振動がそれ以上に大きくなることが無い。

以上は界面の摩擦がクーロン摩擦であると想定した場合であるが、界面に油などの流体が介在する場合でも同じようになることが、理論的にも実験的にも確かめられている。

3. 応用例

図2のボーリングバーは10,000Hzの高い周波数で再生びびりを生じていた。ボーリングバーの先端に直径5.5mmの底付き穴を加工し、その中に直径5mm, 厚さ0.7mmの鋼板スペーサを介して直径5mm, 高さ1.5mm, 質量0.245grの希土類永久磁石を載せ、さらにその上に直径5mm, 高さ5mm, 質量0.7grの鋼製錘を載せている。この状態で一番下のスペーサと底付き穴底面の間での始動摩擦力は0.4617Nであった。

フリクシオンダンパーによってこのボーリングバーは全く振動せずに加工できるようになった。

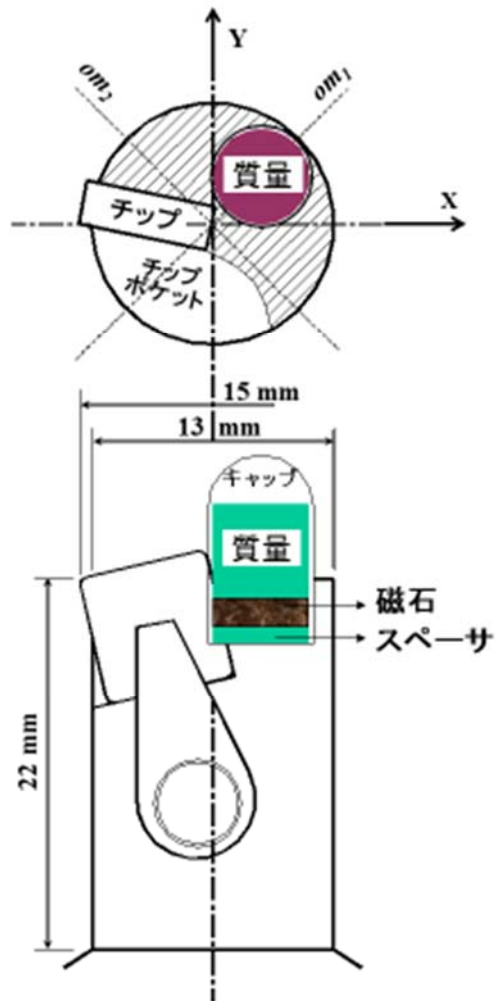


図2 加工径 15mm のボーリングバー先端に組み込んだ
フリクションダンパー

フリクションダンパーの有る無しによるボーリングバー先端のコンプライアンス伝達関数 FRF を測定比較した結果を図 3 に示している。フリクションダンパーの使用によって、10,070Hz の固有振動数が消滅している。

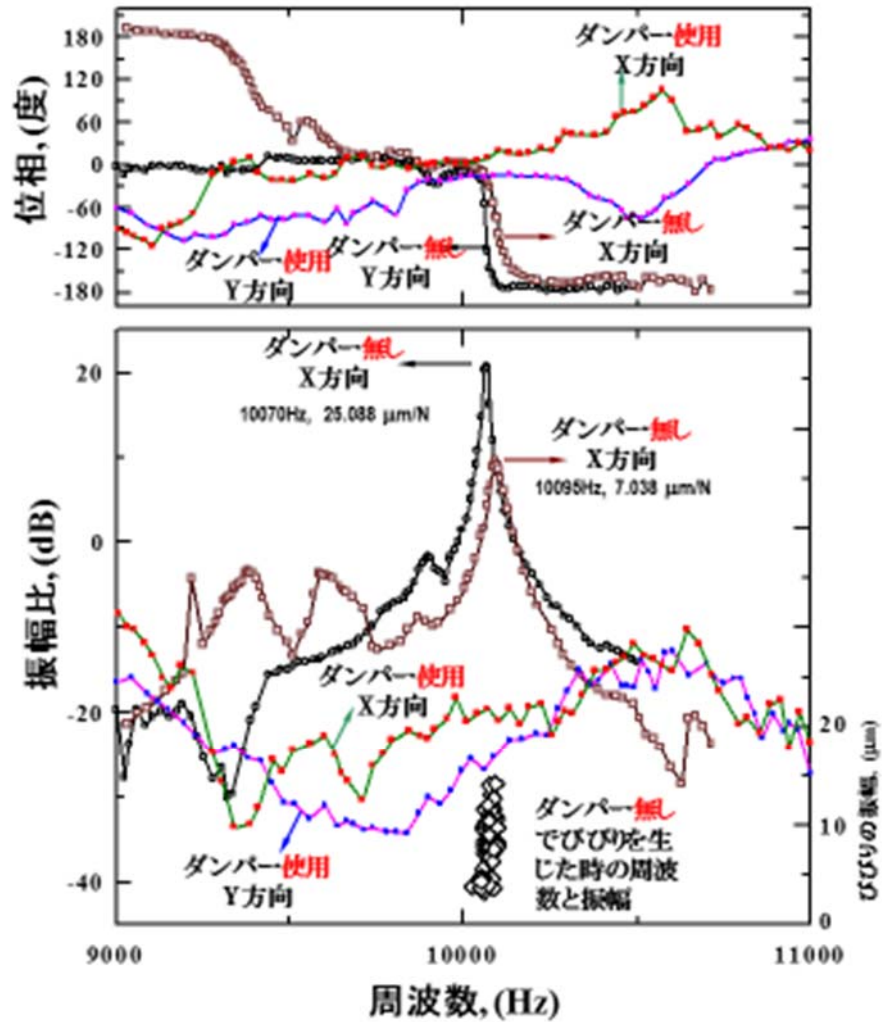


図3 フリクションダンパーの有り無しによるコンプライアンス FRF の測定比較結果

4. 結論

上記の応用例は 10,070Hz の振動に対するものであったが、同様なダンパー設計により、固有振動数 5,000Hz 以上であれば、ように効果的なダンパーが使用できることが判っている。

以上