

建設機械の低振動化に繋がるシミュレーション技術を研究

川口 正隆 医工学科 教授



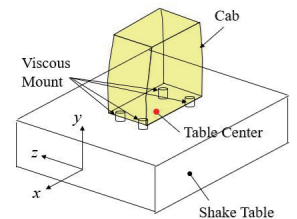
教員の横顔 Masataka Kawaguchi

三菱重工業の高砂研究所（現在は総合研究所）で様々な機械製品の技術開発を手がけ、2020年4月に同志社大学生命医科学部に着任。高減衰マウント装着の振動解析や回転機械の大規模軸振動解析などで大きな成果と実績を残している。趣味は、社会人になって始めたという硬式テニスと最近始めたゴルフ。テニスは今でも週末は、自宅近くのテニスクラブで1日2〜3時間ほど汗を流しているという。

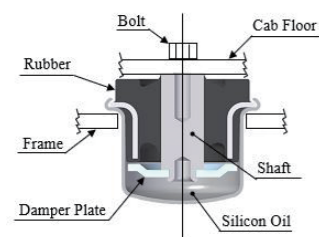
建設機械の振動を予測する新たな解析手法を提案

大掛かりな土木作業を行う建設機械の運転席は、内部がシリコンオイルで満たされたビスカスマウントという防振部材で支えられています。そこに重量が加わるとダンパープレートがオイルの中を移動して、その抵抗で運転席の振動や衝撃を和らげるという仕組みがとられています。

一方、近年の建設機械の大型化・高性能化に伴い、このような複雑なビスカスマウント内の現象を適切な数学モデルで近似して、コンピュータ上のシミュレーションで振動を予測することにより、一層の低振動化を進めることが重要な課題となっています。「より実測値に近い力学モデルを提案できないでしょうか」と川口正隆教



ビスカスマウントを装着した建設機械の運転室の振動試験の様子



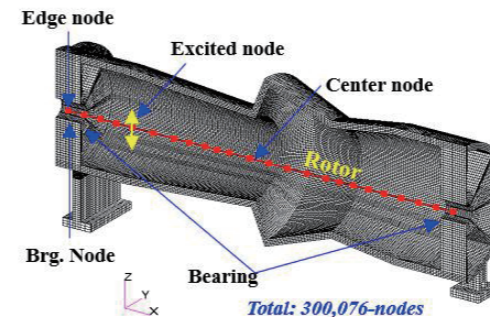
一般的なビスカスマウントの内部断面

授。従来、振動や衝撃に大きく関わりのあるマウンの動剛性 (K) を導き出すためには、荷重 (F) とプレートの移動量、つまり変位 (X) による方程式で導き出されていました。しかし、プレートがオイルの中をゆっくり動くときと速く動くときにはその動剛性が異なる (周波数が増えることから、川口教授はそれぞれの条件下における減衰要素 (C) を同定して新たな解析手法を提案。2021年には論文発表にもつながりました。

この計算モデルを使ったシミュレーション値と作業現場での実測値ではほとんど差異がないことが数々の検証で明らかになっており、現在では建設機械メーカーで製品開発に適用される技術となっています。

非線形解析も短時間でシミュレート！低コスト・高品質なものづくりに貢献

例えば、自動車や航空機など大きな構造物の強度や振動の値を解析する場合、コンピュータの負荷を低減するため、構造物をいくつかの細かいパーツに分割して自由度を小さくし (固有値解析)、それらを再び統合して計算するという多段モード合成法という比較的新しい解析法が製品開発に適用されています。川口教授はこれまでにこの技術を応用して、右上図のような回転機械のサンプルに適用し、解析時間の大幅な短縮に成功しています。しかし、この方法は解析がしやすい (力と変形の関係が比例関係にある) 線形構造が対



多段モード合成法を適用した回転機械の大規模モデルの例

象で、(力と変形の関係が比例関係で表せない) 非線形構造物では適用できないという課題があります。例えば、建設機械に振動が加わると、運転席のドアとサポート間に取り付けられたラッチ (掛け金) がガタガタと当たって、ドアが破損することがありますが、ドアが線形構造、ドアとサポートをつなぐラッチが非線形構造だった場合、構造物全体の正しい解析値を短時間で導き出すことが難しいのだと言います。

川口教授はソフトウェアのベンダー企業と連携し、線形解析のプログラムを独自にアレンジすることで、非線形要素を含んだ新たな解析ロジックを確立させようと考えています。2021年4月には、国の科学研究費助成事業にも認定されました。今後、この研究が進めば、今まで実験を繰り返すことでのみ解決してきた技術課題を、試作前にシミュレーションで確認・修正することが可能となります。「デジタル・モックアップという言葉があるように、低コストで高品質なものづくりに貢献できるでしょう」と自信を示します。

小型高応答の加振器で部品の振動再現をより正確に素早く手軽に

もう一つ、川口教授は、建設機械などが現場作業で発生する部品の振動を人工的に再現できる実験技術を開発しようと考えています。多段モード合成法の関連技術の一つに、スード技術というのがあります。これまでは原子力プラントのパイプの振動など低周波数の実験技術は研究されていますが、高周波数では振動周期が短くなるので、一般に制御が難しいと言います。まずは線形構造物をターゲットに、将来的にはデモンストレーションなども行って行く予定で、「実験室の中で部品の振動再現ができるシミュレーション装置として、実用化を目指していきたい」と夢を語ります。

日本を代表する重工業メーカーの研究所で、長年建設機械や物流機械等の開発を手がけてきたという川口教授。そこで培った“産”の視点を生かし、医工学科では社会課題の解決に即応できる専門知識と技術を持った人材育成に力を注いでいます。

「若い学生さんから刺激を受けることも多いですね」。その心に宿る技術者魂は、今もふつふつと沸き立っているようです。