SCSK User Interview

油圧ショベルのホース配索および挙動予測の効率化をCAEで実現

日立建機株式会社様

建設機械は、世界中のさまざまな環境で大きな負荷が掛かる作業を行っています。日立建機株式会社様は、世界をリードする建設機械の総合メーカーとして、安全性や耐久性を向上した高性能な製品を迅速に提供するため、実験技術にシミュレーション技術を融合し、短期間での的確な製品開発評価を推進されています。その活動の中心となっている研究・開発本部　実験解析評価センタで取り組まれた「油圧ショベルのホース配索および挙動予測の効率化」をご紹介いただきます。

■ 導入前の課題

- 建設機械用ホースの動的挙動を評価したい。
- 最適なホース配索を迅速に導き出したい。
- リアルタイムに設計部門と情報共有したい。

■ 使用CAEソフトウェア

- ケーブル・ホースシミュレーション IPS Cable Simulation
- 多目的ロバスト設計最適化ソリューション pSeven

実験解析評価センタの発足経緯や役割について教えてください。

昨今の建設機械を取り巻く環境は、市場の環境変化やお客様からの要望の多様化により、適正な仕様・品質の製品をタイムリーに市場へ投入する必要があり、製品開発において品質・効率の向上と事前保証の実現が必須となっています。これらの実現のため、2008年10月に当センタは発足されました。当センタは、元々、設計、試験、研究出身のメンバーで構成されており、実験、解析、評価を行う人材が一つの組織に共存しているのが特徴です。主な役割としては、製品開発支援、開発段階での事前保証力の向上、実働状況に応じた評価手法の確立等があり、これらを通じて開発品質・効率の向上をはかっています。

日立建機株式会社
研究・開発本部　実験解析評価センタ
木内大貴 様

IPS Cable Simulationを導入された経緯や適用している製品についてお聞かせください。

これまで、建設機械で多く用いられる高圧ホースについて、設計段階で配索の検討を行う際は、ホースの剛性を考慮した静的なシミュレーションを行い、口金位置やホース長さを決定していました。しかし、この静的なシミュレーションは、可動部に配索されるホースに対しては、機械の動きに追従した挙動を再現することができないため、これを評価するための手段が課題となっていました。そして、それを再現できるソフトウェアを探していた時に出会ったのがIPS Cable Simulationでした。当時行っていた静的なシミュレーションは、計算実行から結果出力までに数分を要していましたが、IPS Cable Simulationは動きまで考慮したシミュレーションで数分どころかリアルタイムの評価ができたため、その解析機能と高速計算が非常に魅力的でした。このようなケーブルやホースの動的な挙動計算を専門的にできるツールは他にはありませんでした。

導入は2016年で、実機撮影による精度検証やCAD連携の検討、過去事例への試行を経て有効性を確認し、現在は中型から超大型まで当社で扱うほとんどの建設機械で、設計時の検討や実機試験での対策への適用を進めています。機械が大きくなればなるほど実機で確認することが難しく、問題発生時の手戻りも多くなるので、このようなIPS Cable Simulationによる事前評価はとても効果的です。

日立建機株式会社
研究・開発本部 実験解析評価センタ
野澤勉 様

ケーブルやホースの解析事例をご紹介ください。

こちらの事例は、IPS Cable Simulationの有効性を確認するために試行したもので、中型油圧ショベルのブーム横のホース挙動が安定しなかった過去案件について、異常動作と正常動作をIPS Cable Simulationで再現し、実機と比較したものです。

実際には実機のホースに過大な負荷をかけられないため途中で動作を止めていますが、シミュレーションではホースが想定していない方向にたわむ、いわゆる「逆ゾリ」が再現されています（図1上）。一方で正常動作の方は実機の動きとシミュレーション結果が酷似した挙動となっており（図1下）、IPS Cable Simulationで実機挙動を十分再現できていることがわかります。

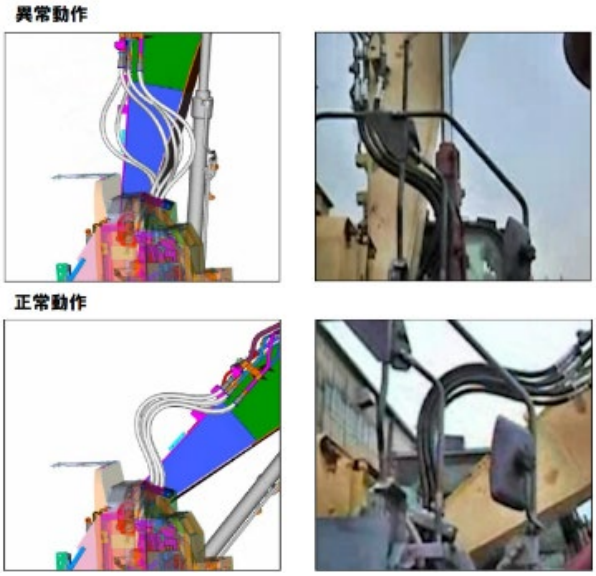

図1　ホース挙動のシミュレーション結果と実機試験の比較

またこの解析を行う中で、ホースの曲げグセや口金にかかる外力が油圧ホースの挙動に大きく影響することが分かりました（図2）。この不具合は開発段階にて発生した事例で、現在は対策が完了しておりますが、当時IPS Cable Simulationを導入していれば短時間で解決が可能だったと考えられます。

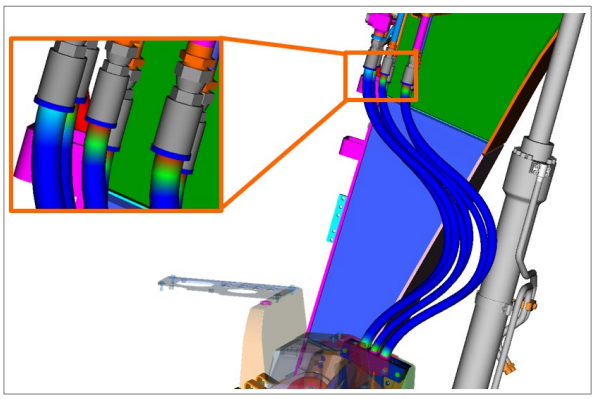

図2　口金付近の外力を可視化した結果

pSeven連携による最適化でさらなる効率化も行われていますね。

IPS Cable Simulationを利用することで設計への手戻りは最小限となりましたが、複数回の解析が必要となるケースもあり、早い段階での最適解の提供を目的に、pSevenによる最適化フローを構築してより短いホースを探索できるかを検討しました。図3の油圧ホースは、赤が初期設計、白が手作業で最適化したモデルです。これに対し、ホースの長さの最小化を目的関数とし、上側口金の取付位置や向きとホース長さを設計変数、ホースの最小曲げ半径やホースにかかる応力や周辺部品との最小クリアランスなどを制約条件として最適化を行いました。

その結果、IPS Cable Simulationでは、一回当たりの計算時間が短いため、250回以上の試行回数を2時間以内で計算することができ、最適解（緑のホース、10%の長さ短縮）を導出できました。ホース口金への外力を初期設計ホースと比較しても、図4のグラフの緑の曲線のように安定しており、ホースの逆ゾリの心配もない（初期設計を示す赤の曲線では、可能性あり）ことがわかります。IPS Cable SimulationとpSevenをを連携させることで、モデルケースとして設定したこの案件では、最適解導出までの時間を約30%短縮することができました。

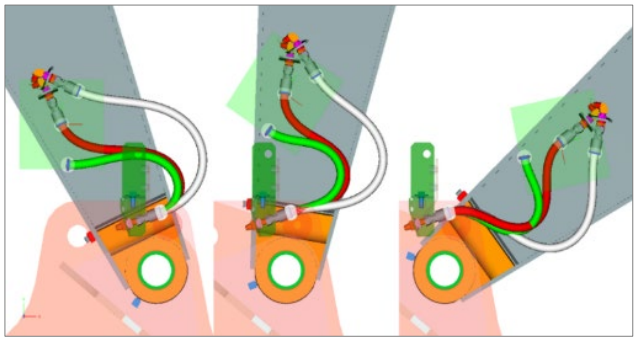

図3　ホース挙動（赤:初期設計、白:手作業による最適化、緑:pSevenによる最適化）

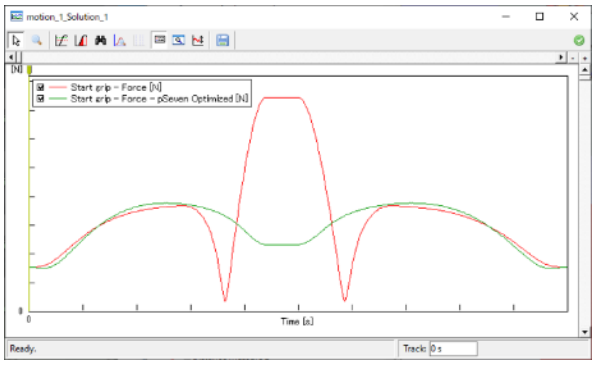

図4　口金にかかる外力の比較

IPS Cable Simulationの使い方で工夫している点をお聞かせください。

設計部門との会議で、ホースの挙動計算をリアルタイムで見せながら検討するという使い方が多いです。ホース形状の変更にはある程度制約があるケースが多いので、その場で微調整しながら結果をすぐに確認できるところは大きな利点ですね。また、可視化したものを関係者へ直接説明できることはとても大事で、社内で認知度を高めCAEの利用頻度を上げていくためにも有効です。そういう意味では、VR評価も徐々に広まりつつあり、ホースを避けて作業をする場面を可視化できないか？などの問い合わせもあります。

IPS Cable Simulation自体にもVRの機能があり、ヘッドマウントディスプレイを使って3次元データを見ながらケーブルを持って動かすこともできますので、ぜひご利用ください。その他CAEへの期待や、今後の構想などを教えてください。

最終的にはIPS Cable Simulationも設計ツールとして設計部門に浸透して使えるようになったらいいですね。例えばCADからモデルを取り込んだら、機構の動きの角度やスライド量などの条件設定は簡単に入力して、ホースの位置関係や最適な接続位置など基本的なホースの配索まで全自動のように行えたら理想的です。また、現在は特定モデルでの解析のため、今後モデルの汎用化や複数ホースの関係性も考慮していきたいです。現在、弊社のホームページで、シミュレーション技術に関するページを設けて、様々なシミュレーション解析技術を紹介しています。実験解析評価センタの取り組みの魅力を、若手をはじめとする多くの方々に知っていただいて、当社に興味をもってもらい、将来はぜひ当社で活躍していただければと思っています。

SCSKとしても、皆様のCAE業務をご支援できるよう、頼られる存在であり続けられるよう努めてまいります。この度はIPS Cable SimulationとpSevenのの活用事例についてご紹介くださいましてどうもありがとうございました。

お客様紹介

日立建機株式会社
設立：1970年10月1日
事業内容：建設機械・運搬機械及び環境関連製品等の製造・販売・レンタル・アフターサービス
https://www.hitachicm.com/global/jp/

IPS Cable Simulationの製品情報はこちら：　https://www.scsk.jp/product/common/ips/
pSevenの製品情報はこちら：　https://www.scsk.jp/product/common/pseven

記事制作（取材日：2022年6月8日）：SCSK株式会社 製造エンジニアリング事業本部 石田俊介、古塩奏和、近藤晶子

SCSK株式会社　製造エンジニアリング事業本部　プロダクト推進部　E-mail: eng-sales@scsk.jp　Tel: 03-5859-3012

本文に記載の会社名、部署名、製品名などの名称は、取材日時点のものです。
SCSK株式会社に事前の承諾を得ることなく、本記事の全部または一部を使用（複製・改ざん・頒布・送信・上映）することを禁止します。
また、ダウンロード、プリントアウトされた複製物を、不特定または多数の人へ送信・配布することはできません。