

Baker Hughes 社が Abaqus と Isight を用いてエクスパンドブルチューブラー技術に磨きをかける



このソフトウェアを使用していなかったならば、最も効果的なコーン形状は生まれなかったでしょう。

Jeff Williams 氏
Baker Hughes 社、
坑井建設グループ、
プロジェクトエンジニア

油井、ガス田、代替エネルギープロジェクトなどには、それぞれユニークな特色があり、顧客との密接な協力関係や、アイデアと適応性に富んだエンジニアリング手法から生まれ、カスタマイズされた探査製品やソリューションが必要です。ほぼ確実に機能すると分かっている実証済みの手法をさらに微調整したり、一方で画期的なテクノロジーを適用するなど新しいアイデアをどんどん取り入れたりすることが、この業界でサービスを提供する会社にとって競争相手に先を越されないようにするための方策です。

Baker Hughes 社は、そのような業界のトップに立つ会社です。100 年以上前に設立された 2 つの会社が合併して生まれた Baker Hughes 社は、石油時代の黎明期から変革をもたらしてきた発明品の長い歴史があります。専門に特化したイノベーションセンターでは、科学者が応用研究を行い、地域のテクノロジーセンターでは、顧客と密接に協力し合います。また製品開発センターでは、エンジニアが、坑井の掘削と評価、仕上げと生産、流体と化学物質などに関する、さまざまな次世代製品やサービスに取り組んでいます。

Baker Hughes 社の掲げる継続的発見の理念から考えると、有限要素解析 (FEA) 技術に基づく設計シミュレーションが、同社の重要な戦略的製品開発ツールであり続けてきたことも当然です。しかし、坑井建設グループ (同社の仕上・生産部門の一部) に所属するプロジェクトエンジニアの Jeff Williams 氏によると、早い段階でのソフトウェアの利用という点では、同社はそれほど積極的ではありませんでした。Williams 氏は次のように述べています。「我々のグループは、これまで FEA を受け身的に利用していました。何か壊れた際に、それでは解析して調べてみようという感じでした。しかし私は、恐れずに難題に立ち向かうべきであり、我が社のエクスパンド

ブルチューブラー製品の開発プロセスの最前線で FEA を活用すべきだと思いました」

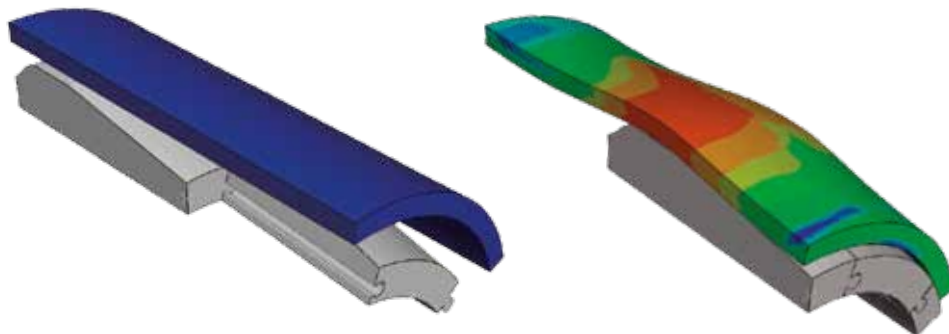
エクスパンドブルは、Baker Hughes 社がライナー・ハンガー・パッカー、スクリーン製品、モノボアライナーなどのアイデアとともに、過去 15 年以上上わたって業界をリードしてきた価値ある製品ラインです。

Williams 氏は次のように述べています。「このエクスパンドブル製品では、容易に入手できない素材を用いて金属成形する必要があり、コンセプトモデルの実環境試験と評価には、他どの製品よりもコストがかかります。FEA によるバーチャル設計と試験によって、試作実験前に我々のコンセプトモデルが最良であることを確認できれば、かなりの時間節減が見込めます。また最近の厳しい予算のもとでは、実環境試験を製品開発プロセスの下流に実施することによりコスト削減が図れます」

Williams 氏は、市販の FEA ソフトウェアを精査した後、Dassault Systèmes のリアリスティック・シミュレーション・ブランドである SIMULIA の Abaqus がエクスパンドブルチューブラーの課題に最適なツールだと確信しました。彼は次のように述べています。「我が社のシミュレーション担当者が以前から使用していたツールについては知っていましたが、私は Abaqus にすべきだと思いました。チューブラーの拡張プロセスには、言うまでもなく、さまざまな物理現象が関係します。体積の保存性、曲げ/曲げ戻し現象、そしてコーン装置によるパイプの機械的膨張があります。また、フープ応力とハウジング効果 (拡張後に、引張降伏強度が増大する一方で、圧縮降伏強度が低下する現象) の問題もあります。このように、さまざまなことが同時進行しています。我が社の製品の多くが



エクスパンション・セグメント・コーン



エクスパンドブルチューブラー内の所定位置に対するセグメントコーンの組み込みシミュレーション



図 1. 補強されたアンカースリッパ



図 2. 押し出し可能ボールシートの FEA

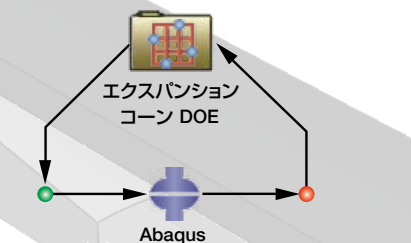


図 3. エクスパンションコーンの実験計画法 (DOE) における Isight のシミュレーション・プロセス・フロー

関係するエラストマーを始め、この種の動的非線形挙動に関しては Abaqus がマーケットリーダーであることは間違いありません

最初の設計課題は、エクスパンダブル・アンカースリッパにおいて、緊急放出モード時に過大なたわみが生じると、ランニングツール（チューブラーを拡張させるための工具）が回収不能になるという問題でした（図 1 参照）。チームは、複数の FEA モデルを解析し、この問題を回避するには、スリッパのどこを補強すべきかを割り出しました。

また別のケースは、サービストールを作動・停止させるには正確な圧力でポンプダウンボールを放出する同時に、最大 5 種類の異なるボールを破断することなく通過させることができる押し出し可能ボールシートの開発でした（図 2 参照）。FEA を用いることで、所定の圧力でボールを押し出すための最良の設計案を見出すことができました。

Williams 氏は次のように述べています。「エクスパンダブルの裸坑バリアのコンセプトモデルでは、Abaqus は極めて重要な役割を果たしました。複数のコンセプトを迅速に解析し、それらの実現可能性をふるいにかけることで、さらなる開発資金を投じるべきか否かについて、我々は確かな情報に基づいて判断を下すことができました。FEA 結果を見るまでは、実環境試験は行うべきでないという考えが、今では全社に広まっています」

Isight: 飛躍的進展

そして、さらなるパラダイムシフトがやってきました。SIMULIA のプロセスの自動化と設計最適化用のソフトウェアである Isight の導入です。これを Abaqus ツールと組み合わせることで、設計プロセスのさらなる加速が期待できます（図 3 参照）。Isight は、FEA を実行しながら設計変数を自動的かつ体系的に変更します。ユーザが選択する実験計画法 (DOE) やシックス シグマ手法などを FEA とリンクさせることで、反復ごとに目標値からどの程度変動するか、どのモデルが最高の性能を発揮するか、あるいはどの設計案の製造コストが最も低いか、といった基準をもとにシミュレーション結果の評価が可能になります。

Williams 氏は次のように述べています。「私の頭にいろいろな考えが駆け巡り出しました。Isight には、さまざまな応用分野があることを即座に理解しました。我々は、手作業による FEA で多くのことをこなしてきました。できる限り多くの解析を実行するように努め、通常のプロジェクトで 4～6 週間以上かけて反復作業を繰り返してきました。しかし Isight を用いることで、時間とコストの削減という点を飛躍的進展の期待できることが分かったのです」

Williams 氏のチームは、現在、エクスパンダブルチューブラーの高トルクで気密性の高いネジコネクタとともに使用される予定の、新しいエクスパンションコーン装置の設計に向けたパイロットプロジェクトに着手しています。この特殊なチューブラーは、ケーシングによるワンウェイ掘削に関連する将来性のある掘削コンセプトに不可欠な要素であり、それにはエクスパンダブル・ライナー・パッカーがボトムホール部品の一部として付いてきます。この新しいコーン技術は、Baker Hughes 社の微調整済みのネジコネクタと先端材料を組み合わせる必要があります。Williams 氏は次のように述べています。「我々がまだ最適化の研究をしていなかったのは、このコーンだけでした」

5 年前に開発された現行のコーン形状は、あるタイプのネジコネクタ（コネクタ A）に対して、FEA 解析を何度も手作業で繰り返すことで最適化されたものでした。しかし、同じコーン設計を別のコネクタ（コネクタ B）で試したところ、同様の性能が得られませんでした。そのため、その設計案は断念され、さらに数ヶ月の手作業による解析を経て新しく作り替えられました。新しいコーン（BR-6）はコネクタ B では大変良く機能したのですが、今度はコネクタ A でうまく機能しませんでした。両方のコネクタに適合するまったく新しいコーン形状を開発するには大変なコストがかかるため、エンジニアは完全に苦境に立たされてしまったのです。彼らは、どちらのコネクタにも有効なコーン設計を見出すことができたのでしょうか？

Williams 氏は次のように述べています。「Isight の Abaqus コンポーネントを使用することにより、FEA モデルとシームレスに情報をやりとりすることが可能です。Isight のドラッグ & ドロップ機能は、シミュレーション・プロセス・フローの構築をとっても容易にしています。拡張後のコネクタ形状に影響を与えると分かっているパラメータに焦点を合わせることで、変更したいコーン部品の直径を選択しながら、必要に応じて DOE を作成することができました」彼らがすべての Isight の実行を Windows XP が稼働する 4 コアの Intel Xeon プロセッサマシンで実行したように、この処理においては、大きなコンピュータパワーは必要ありませんでした。

必要な解析のすべてを Isight のワークフローに組み込むことで、チームは、コーン設計を最適化するため FEA 向けに調整された何百回もの繰り返し計算を自動実行することができました。Isight が導入される前は、1 つの満足できるコーン形状を開発するために、少なくとも

2 ヶ月間の解析と試験が必要でした。しかし Isight が導入されて、開発期間は 2 日間に短縮されました。Williams 氏は次のように述べています。「またたく間に素晴らしい結果が得られました。ネジ部の拡大は明らかに改善されたのです」

驚くことに、最終結果（OPTI-Cone）は、理想的と思われていた BR-6 コーンの開発過程で断念された、コネクタ A 用の古い形状の一部を採用していたのです。Williams 氏は次のように述べています。「OPTI-Cone は以前受け入れ難いと思われていた形状を使用しています。Isight は、我々が予想もなかった方向へと導いてくれただけでなく、設計に柔軟に対応することの重要性を確信させてくれました。このソフトウェアを使用していなかったならば、最も効果的なコーン形状は生まれなかったでしょう」

その後の繰り返し計算で、同じサイズの OPTI-Cone が他のいくつかのネジ構成に対しても満足のいく結果が示されました。また別のコーンサイズを必要とする異なる直径のエクスパンダブル製品においても、エンジニアは、Isight を通じて新しい DOE を実行することで最良の形状に迅速に到達できることが分かりました。彼は次のように述べています。「今後、このように特定の製品構成に合わせて速やかに調整することで、より迅速かつ正確なカスタマイゼーションが可能となるでしょう。高トルクで気密性の高いコネクタの OPTI-Cone によって、我々はこれまでだれもなし得なかった製品を売り込めるようになります」

Isight による最適化プロセスの自動化は、もっと別の直接的なメリットを与えると Williams 氏は指摘しています。「我々が節減できるようになった時間を金銭的価値に置き換えることは難しいのですが、それは、ただ単にどれだけプロジェクトをスピードアップできたかという話ではなく、スピードアップできるのであれば、我々はさらに何ができるようになるのだろうかという点が重要なのです。我々は、以前は不可能と思われていた新市場開拓のためのソフトウェアツールと時間的余裕の両方を手に入れました」

詳細は以下をご覧ください

www.bakerhughes.com
www.simulia.com/cust_ref