

# 導入事例：マヒンドラ・トゥー・ホイールーズ社

## 機構解析ソフトウェア Adams を用いて 2 輪車の試作・試験工程を 7～21 週間短縮

### 導入背景

マヒンドラ・トゥー・ホイールーズ社 (Mahindra Two Wheelers Limited、以下 MTWL 社) では、新型車の開発において設計変更の度に試作車を作成して試作車の走行試験をテストコースで実施していました。MTWL 社では、試作車の完成までに約 5 週間、各部品の耐久試験に約 2 週間かかっていた開発工程の短縮を図るため、テストドライバーを使わずに試作車の走行状態を再現できる試験設備を導入し、24 種類×7 パターンの試作車試験を実施しました。この試験設備により試験時間は短縮できましたが、設計変更のたびに新しい試作車のために試作試験をやり直す必要がありました。



試作段階の 2 輪車を用いた悪路走行試験

### 導入目的

MTWL 社は試作回数と試験期間の両方を短縮する方法の検討を開始しました。まず、走行シミュレーションを用いて車両運動中の各部品にかかる荷重を事前に算出し、その荷重を構造解析ソフトウェアに取り込んで応力解析結果を考慮した設計が可能になると考えました。更に、必要に応じて弾性体変形を考慮した部品を用いて走行シミュレーションを行うことで、応力が集中する箇所を事前に把握することが可能と判断しました。そしてこの 2 つの課題の解決に、テストコースを走行中の車両挙動を正確に再現できる、汎用のマルチボディ・ダイナミクス (MBD) ソフトウェアの検討を行いました。



試作段階の 2 輪車を用いたドラム耐久試験

### 導入概要

導入製品: Adams

業種分類: 自動車産業

導入効果:

- シミュレーションにより実機試験より多くの測定結果を取得
- 複数点の加速度を目的関数として設計変数の寄与度を確認するため感度計算を実施
- サスペンション試験の計測値と同等なシミュレーション結果を取得
- 新型車両の市場投入に必要な試作車を 4～5 台から 2～3 台に削減
- 新型車の試作試験の工程全体を 7 週～21 週短縮

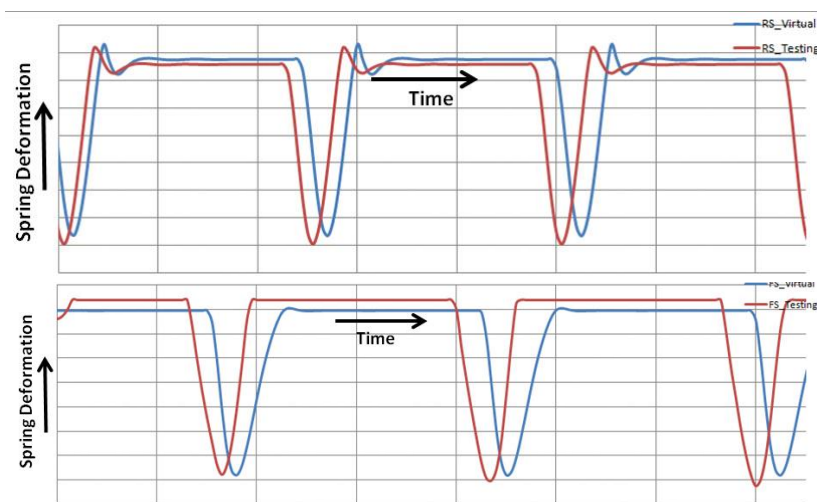
**「試作車に配置できる計測センサーには上限があるため、実機試験よりもはるかに多くの測定結果をシミュレーションから得ることができました。」**

マヒンドラ・トゥー・ホイラーズ社 機構担当 ミハラ バンプリ氏 (Mihir Bhambri)

## 導入内容

MTWL社は、機構解析と構造解析の両分野において世界的なリーダであるエムエスシーソフトウェア社が両分野の解析モデルや計算結果の相互利用を実現していること、また機構解析ソフトウェアAdamsの30年以上にわたる実績から、Adamsを採用しました。Adamsを用いて、MTWL社では、開発期間を短縮するために、試作段階の前にシミュレーションを実施して、正確な車両性能がチェックできる新しい事前試験工程を構築しました。

この事前試験工程は、CADを用いて設計者が最初の概念設計を完成させた直後に実施されました。まずエンジニアは設計諸元をもとに可動部品を接続した後、質量特性や初期荷重、駆動力、出力項目を定義しました。可動部品の多くは剛体を用いて作成しましたが、複数の部品が接続する場合は過剰拘束を避けるために弾性体を使用しました。このモデルを用いて走行シミュレーションを行うことで、走行中の全ての車両挙動における詳細な情報を把握することが可能になりました。こうした詳細情報を取得しておくことで、車両性能を向上させる要因が発見される場合もありました。また、試作車に配置できる計測センサーには上限があるため、実機試験よりもはるかに多くの測定結果をシミュレーションから得ることができました。



**ドラム耐久試験におけるリアサス(右上)とフロントサス(右下)の試作試験結果(赤)と機構シミュレーション結果**

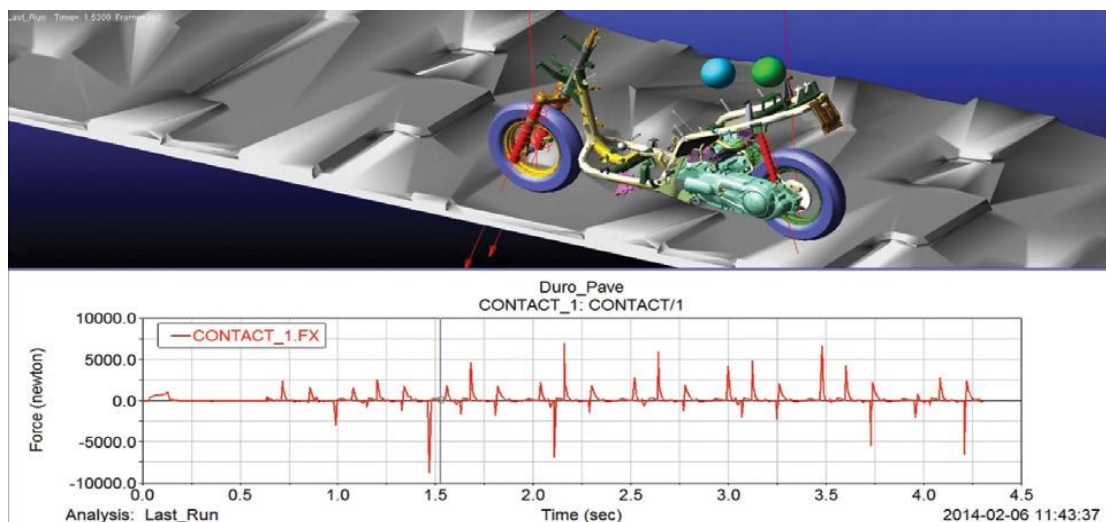
Adamsのモデル作成と平行して機構モデルを検証するための試作車も作成しました。その後、重要なコンポーネントにかかわる試作試験を行い、荷重の計測結果とシミュレーション結果の最大最小ピーク値および平均偏差を比較しました。この段階で機構モデルの荷重計測結果の試作車に対する誤差は概ね10%以内に収まっていた。そしてこの精度確認が終わった機構モデルだけを使って設計検討が開始されました。

エンジニアは、まずこの機構モデルを用いて初期の概念設計モデルを改善していきました。この段階で着目したのは、エンジンの取り付け点などの主要な設計点において、衝撃荷重や累積疲労を発生させる原因になる加速度の目標レベルをクリアすることでした。そのために、取り付け点の配置に対する加速度の応答を算出するための感度計算を実施しました。この計算により加速度や入力荷重を低減するための部品の配置を探し出しました。この設計最適化の工程は、設計変数や制約条件の定義、感度計算の結果評価を含めて、設計最適化工程に通常3日間を費やしました。Adamsによって主要コンポーネントの荷重の最終予測が決定されると、その結果は疲労耐久試験チームに渡され、FEAモデルの入力荷重に使用されました。

「**新型車両の開発においてこれまでは 4~5 台の試作車が必要でしたがこれを 2~3 台に削減しました。更に試作車の作成から走行試験までを 7 週間に短縮しました。その結果、新型車の開発から市場投入までの開発工程全体が、従来とくらべて約 7~21 週間短縮されました。**」

マヒンドラ・トゥー・ホイラーズ社 機構担当 ミハラバンプリ氏 (Mihir Bhambri)

これらの工程の後に約2週間かけて、外観デザイナーや製造エンジニアをまじえて最適化された設計値が性能要件を満たしつつ実現可能であるかを検討して、修正箇所があればこの設計値を変更していきました。このシミュレーションによって設計値が決定された後、この値を使って試作車を修正して、試作車の走行試験を実施しました。そのとき、コンポーネントのどこかに不具合が発見された場合、コンポーネント単体の試験を実施して、原因の解明と対策のための設計変更が行われました。シミュレーションを用いた仮想試験をクリアした新車の設計諸元の多くは最終試作段階の設計諸元として使用されました。その後、最終的な設計諸元をもとにゼロから試作車を完成させ、テストドライバーや一般ドライバーが参加して悪路走行試験や操縦安定性を評価しました。この段階で変更箇所が発見されたときは、設計を修正した後機構モデルを用いて入力荷重等を確認しました。



Adams を用いた 2 輪車の悪路走行試験

## 導入効果

試作試験のみで検証を繰り返していた従来の設計開発工程と比較して、工程の上流にてシミュレーションをベースとした試作前試験を実施することにより、開発期間と開発コストを大幅に削減することができました。これにより、試作車を何度も作り直さずに新しい設計要件を評価できたことがこの大幅な削減の要因となりました。これらの削減のおかげで、**新型車両の開発においてこれまでは4~5台の試作車が必要でしたが、これを2~3台に削減しました。更に試作車の作成から走行試験までを7週間に短縮しました。その結果、新型車の開発から市場投入までの開発工程全体が、従来とくらべて約7~21週間短縮されました。**

## マヒンドラ社について

マヒンドラ社は1945年に鉄鋼関連企業として設立。その後、1947年に自動車産業に参入してインドでのWillys社の軍用ジープの製造販売を開始しました。その後も多種多様な新規事業に参入し同社の事業を多様化していきました。現在では売上高167億ドル、18万人の従業員、100カ国以上に拠点があるグローバル企業です。このマヒンドラ社のグループ企業であるマヒンドラ・トゥー・ホイラーズ社ではモータサイクル(Centuro、Pantero)とスクーター(Rodeo RZ、Duro DZ、Flyte)の製造販売を行っています。