

ステアリングコラムアッセンブリの衝突CAE解析

Collision CAE Analysis of Steering Column Assembly

久保田幸利 Y. KUBOTA

Collision CAE analysis technology is indispensable for developing and mass-producing the steering column assembly. The modeling technique of an energy-absorbing structure is important to collision CAE analysis of the steering column. And connection with an actual experimental result is essential to make an analysis model and to verify an analysis result. An analysis of steering column assembly has been carried out using a collision analytical model. This report provides a comparison of analytical results and test results.

Collision analytical results obtained from the analytical model are closely similar to the actual test results.

Key Words: CAE, collision analysis, steering column assembly

1. はじめに

自動車開発におけるスピードアップとコストダウンの流れは、CAE (Computer Aided Engineering) の活用により試作車段階抜きの自動車開発へと発展している¹⁾。

自動車メーカーは、高額な試作車による試験の代わりにコンピュータシミュレーションにより車体のボディ強度および、衝突安全の解析を行っている²⁾。

また、車内における乗員安全の解析を行うため、解析用の乗員ダミーモデルや車内装備品の解析モデルの研究も進んでおり³⁾、試作車そのものをコンピュータ上で作成するDigital prototypingまで実現させようとしている。

自動車部品メーカーが、その潮流に乗るのは責務であり、ステアリングコラム(安全ハンドルおよび電動パワーステアリング等)を開発、量産している当社においては、試作から実験評価の繰返し数の削減およびより精度の高い図面とするには、CAE解析による事前検討が必須である。

当社においては、自動車の4大性能(強度、騒音・振動、車両運動、衝突)各分野でCAE解析の取り組みがなされているが、本報告では、ステアリングコラムアッセンブリ(以下アッシーと称す)の衝突解析モデルを作成して解析を行い試験結果との検証を行った結果について述べる。

2. ステアリングコラム衝突試験

ステアリングコラムアッシーの衝突試験には、ステアリングコラムアッシーにステアリングホイ

ールを取り付け、人型のボディブロックを衝突させるトルソ試験とステアリングコラムアッシーに重錘を落下させる落錘試験の2通りがある。今回の解析では、解析の厳密性を検証しやすくするためステアリングホイールおよび、ボディブロックのモデルを必要としない落錘試験解析を取り上げた。

ステアリングコラムアッシーの落錘試験装置を図1に示す。

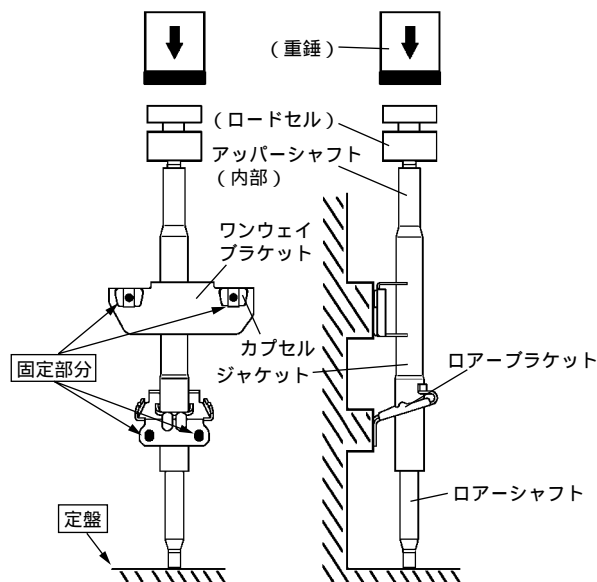


図1 ステアリングコラムアッシーと落錘試験

Steering column assembly and drop test

ステアリングコラム下端を、定盤に接触させ、ハンドル取付側を真上にした状態で実車取付部分をボルトにて固定し、高さ1000mmの位置より垂直に45kgの重錘(ゴムシート付き)を落下させる。

荷重はステアリングコラム先端につけたロードセルにより計測した。

3. 衝突解析モデル作成手法

解析用モデルは、ステアリングコラムアッシーおよび重錘部分について作成した。

試験装置の重錘には、ゴムシートが貼り付けられており、歪 - 応力曲線を設定できるゴム材料モデルを用いた。

ステアリングコラムの衝撃吸収構造であるシャフトアッシー、ワンウェイブラケット部分のモデル化は、単体状態における静強度試験結果に基づき、変位 - 荷重特性を設定できるバー(棒状)要素を用いた。

変位 - 荷重特性をバー要素としてモデル化する手法は、作成するモデルが極小サイズになり解析計算時間が長くなるのを避けるために、切断・分離する部位におけるモデル化の手法である。

各部位のモデルを組み合わせることでアッシーモデルとしている。

以下、順に解析モデルの概要を示す。

3.1 重錘部のモデル化

重錘部分は、ステアリングコラムより質量が大きいので変形しない材質としてモデル化した。

その重心位置に全体の質量を付加することにより重錘全体の形状を簡略化している(図2)。

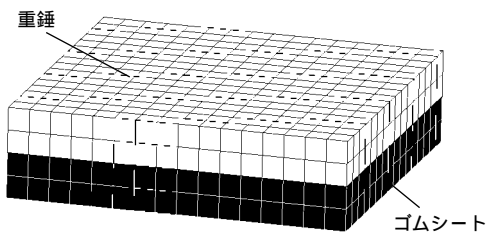


図2 重錘の解析モデル
Analysis model (weight of drop test)

解析におけるゴムシートの材料特性は図3に示す歪 - 応力曲線により弾性体材料として設定した。

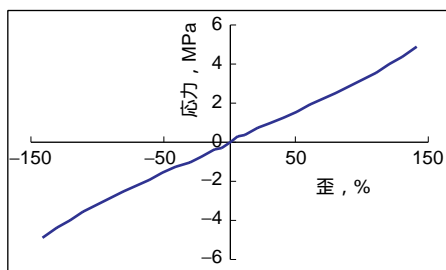


図3 歪 - 応力曲線
Strain and stress curve

この設定が、妥当であることを確認するため、重錘部分だけで落錘試験を行い実験と比較を行った(図4)。

重錘の落下高さを1 000mm, 500mm, 200mm, 100mmと変化させた場合、実験と解析の結果がほぼ一致することを確認した(図5)。

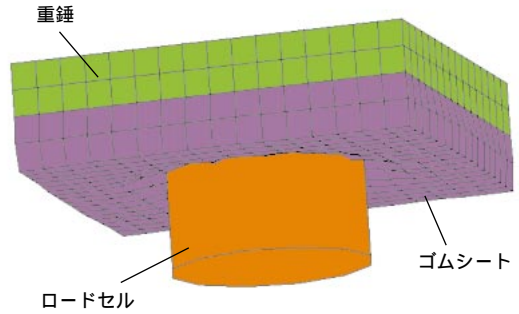


図4 重錘の解析結果
Analysis result (weight model)

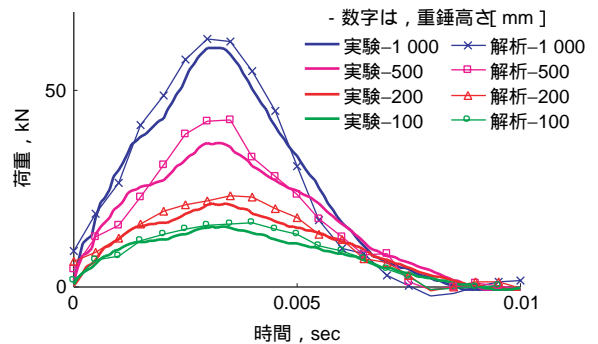


図5 実験と解析の比較

Comparison between experiment and analysis results

3.2 シャフトアッシー部のモデル化

衝撃吸収部位であるシャフトアッシー部は、アッパーシャフトとローシャフトの両シャフトをつなぐピン形状の樹脂が荷重によりせん断され、両シャフトが縮み込む際のしゅう動摩擦により衝撃を吸収する部位である(図6, 7)。

したがって、この部分のモデル化は、樹脂ピン切断のせん断荷重部分と両シャフトのしゅう動摩擦部分の二つに分けて行った。

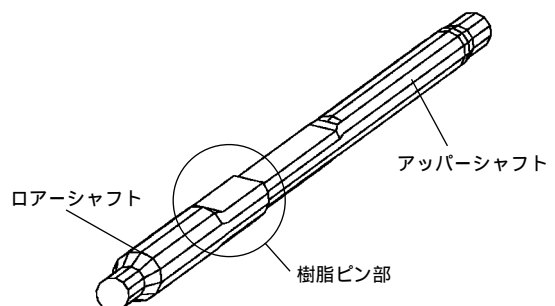


図6 シャフトアッシーの構造
Structure of shaft assembly

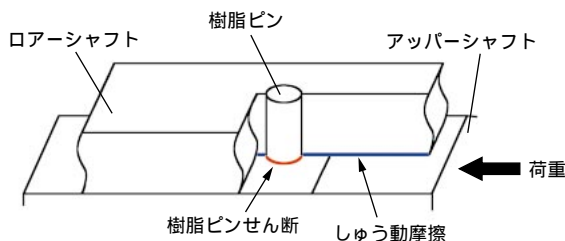


図7 樹脂ピン部分の詳細
Details of resin pin part

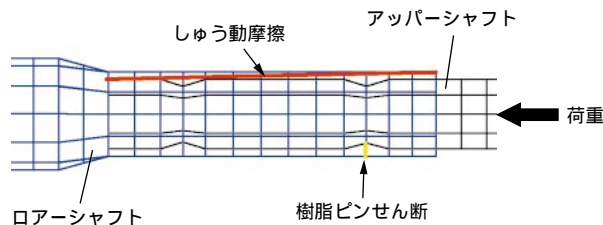


図10 シャフトアッシーの解析モデル
Analysis model (shaft assembly)

3.2.1 シャフト部樹脂ピンのせん断荷重

シャフトアッシー(アッパーシャフト, ロアシャフト)の静的強度試験結果図8(変位 - 荷重, 変位速度50mm/min)より, 樹脂ピンのせん断荷重にあたる荷重波形をバー要素として該当モデル部に設定した(図10)。

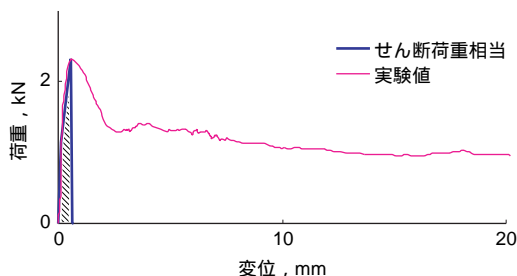


図8 静的強度(せん断荷重)
Static strength (shearing load)

3.2.2 シャフトしゅう動荷重

同様にシャフトアッシー(アッパーシャフト, ロアシャフト)の静的強度試験結果図9(変位 - 荷重, 変位速度50mm/min)より, シャフトアッシーのしゅう動荷重にあたる荷重波形をバー要素として該当モデル部に設定した(図10)。

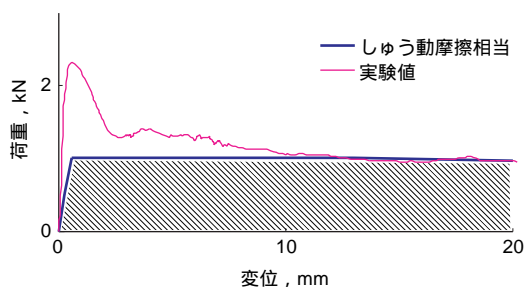


図9 静的強度(しゅう動荷重)
Static strength (sliding load)

3.3 ワンウェイブラケット部のモデル化

衝撃吸収部位であるワンウェイブラケット部はボルトにより固定されるカプセル部分とステアリングコラム側のワンウェイブラケットをつなぐピン形状の樹脂が荷重によりせん断され, カプセルとワンウェイブラケットが分離する部位である(図11, 12)。

したがって, この部分のモデル化は, 樹脂ピンの切断によるせん断荷重をバー要素として行った。

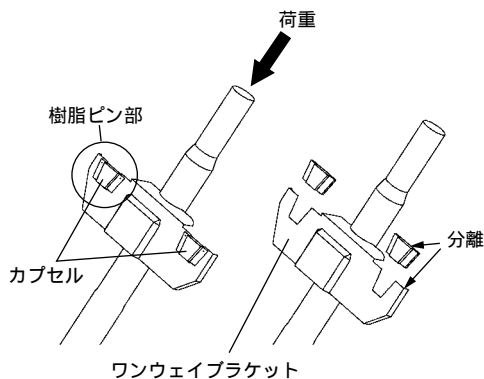


図11 ワンウェイブラケットの構造
Structure of one way bracket

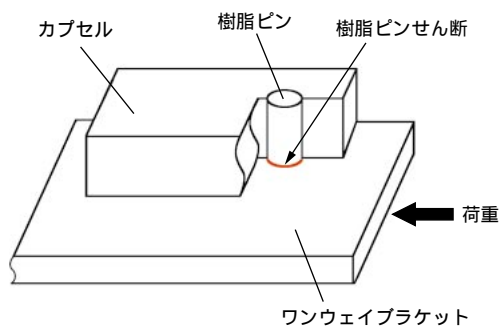


図12 樹脂ピン部分の詳細
Details in resin pin part

カプセル部分(片側1個)の静的強度試験結果図13(変位 - 荷重, 変位速度50mm/min)より, 樹脂ピンのせん断荷重にあたる荷重波形をバー要素として該当モデル部に設定した(図14)。

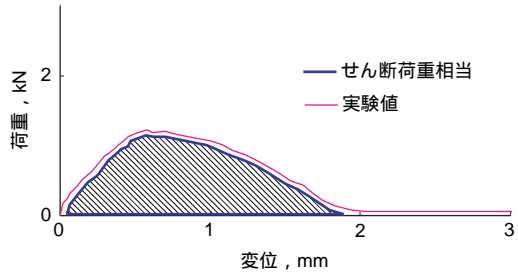


図13 静的強度(せん断荷重)
Static strength (shearing load)

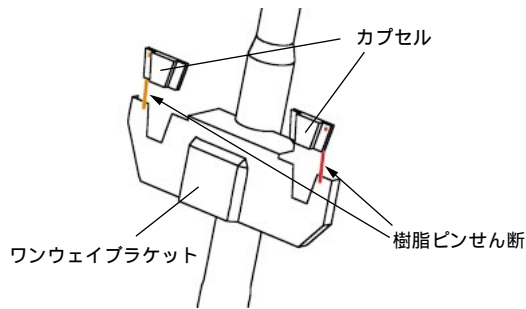


図14 ワンウェイブラケットの解析モデル
Analysis model (one way bracket)

4. ステアリングコラムアッシー 衝突解析モデル

前記の各モデル部分を組み合わせせてステアリングコラムアッシー解析用モデルを作成した，概要を図15に示す。

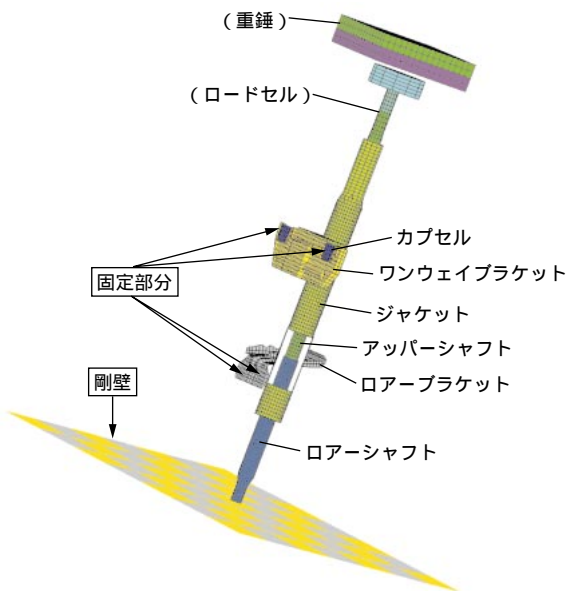


図15 ステアリングコラムアッシーの解析モデル
Analysis model (steering column assembly)

5. ステアリングコラムアッシー解析結果

衝突解析ソフトウェアPAM-CRASHにより解析結果を出力した。

重錘が，ステアリングコラムアッシーに衝突する解析画面を図16に，重錘が衝突した後の状態を図17に示す。

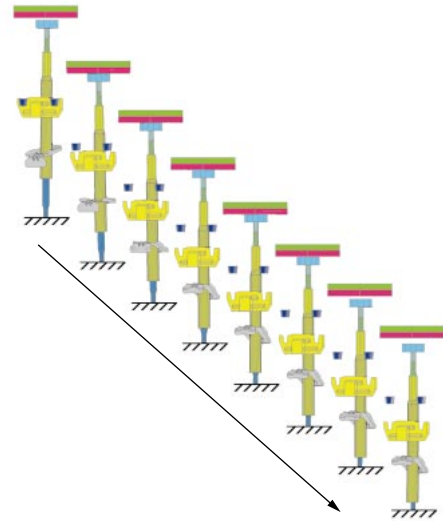


図16 ステアリングコラムアッシーの解析結果
[高さ1000mm時, 0.01sec間隔]
Analysis result (steering column assembly)
[at 1000mm height, every 0.01 seconds]

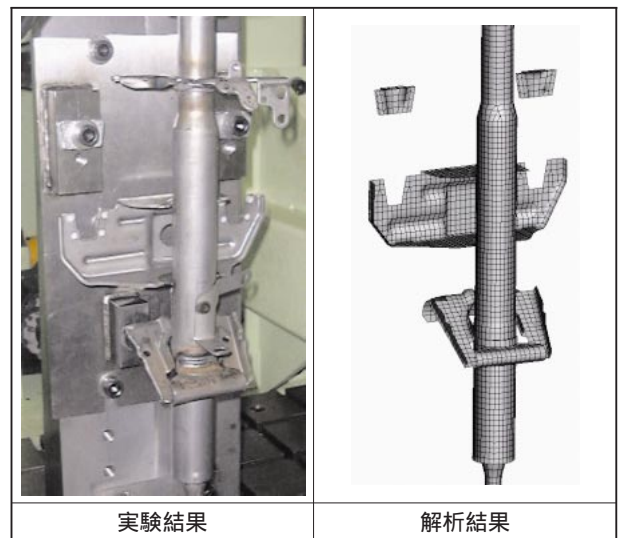


図17 落錘試験後のステアリングコラムアッシー
Steering column assembly after drop test

重錘による発生荷重を実験結果と解析結果とで比較したところ，初期荷重のピーク値からローアブラケットがジャケットに接触し荷重が上昇する過程まで，実験とよく近似した解析結果を得ることができた(図18)。

重錘の落下高さを500mm, 200mm, 100mmと変化させた場合においても, 実験と解析の結果は, よく近似していることが確認できた(図18)。

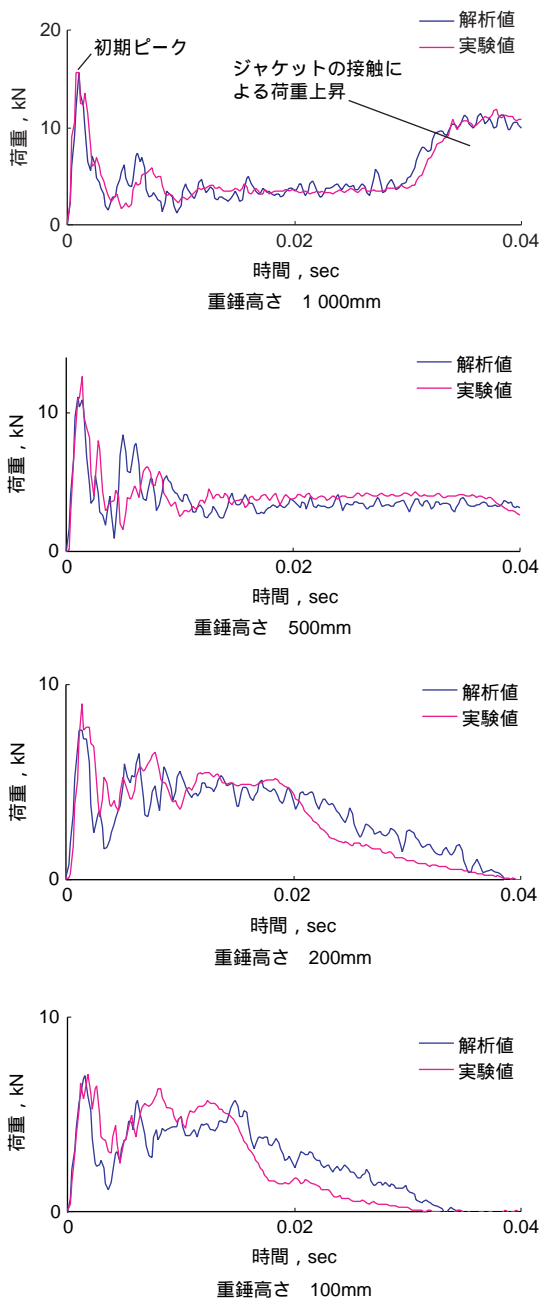


図18 解析と実験の比較

Comparison between experiment and analysis results

6. おわりに

今回の解析モデルにおいて実験結果と近似の解析結果を得ることができた。

一般に衝突CAE解析は, 構成部品の形状を作るだけでは結果を得ることはできない。部品は, 要素と呼ばれる単位でモデル化すると同時に, 部品の接触・摩擦・切断・分離などの物理現象もモ

デル化しなければならない。よって究極のモデルは, 分子レベルでモデル化することであるが, 極小サイズモデルの作成および, 膨大な要素数による計算時間の長さなどから現実的ではなく, 今回のような実験結果と連携したモデル化手法が通常用いられる。

今後, ステアリングコラムアッシーの衝突CAE解析においては構成する衝撃吸収構造をどのようなモデルとしてパーツ化するかノウハウの蓄積となる。様々な衝撃吸収構造のモデル化手法を標準化し, そのモデルパーツを組み合わせることにより多様なステアリングコラムアッシーの解析が可能となる。

今後, 製品開発への活用のため, 他の衝撃吸収構造, および他の試験条件での解析を実施することにより事前検討に使用できるツールとしての精度を向上させていく。

最後に, 本報作成においては, ご指導, ご協力を賜りましたトヨタ自動車株式会社第1車両技術部CAE開発の安木剛次長殿, 日本イーエスアイ株式会社殿, および社内関係部署の方々に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 藤谷克郎:自動車技術 vol. 55, no. 6(2001) 4.
- 2) 安木 剛:自動車技術会シンポジウムNo12-01(2001)1.
- 3) 小林信雄:TOYOTA Technical Review, vol. 51, no. 1(2001)8.

筆者



久保田幸利*
Y. KUBOTA

* ステアリング事業本部 ステアリング技術センター
ステアリング実験部