

二輪車衝突コンピュータシミュレーション手法に関する研究*1

— 二輪車モデル作成 —

A methodology for Motorcycle-vehicle Crash Simulation Development of Motorcycle Computer Simulation Model

中谷 有 桜井 実*2
アヌープ・チャウラ スディプト・ムカージ*3
Tamotsu NAKATANI and Minoru SAKURAI
Anoop CHAWLA and Sudipto MUKHERJEE

The diversity of impact configurations observed in motorcycle-vehicle collisions and the complexity of the motorcycle rider's behavior in collisions make it extremely difficult to evaluate the protection of the rider. It is necessary to apply computer simulation techniques to provide an efficient and analytical approach to the research of rider protection. This paper describes the development of a motorcycle model for the analysis of a wall crash using Pam-crash. The calculated results demonstrate a good agreement with the experimental data regarding the force-time curve and the kinematics of the motorcycle.

1. はじめに

二輪車対四輪車の多様な衝突形態や、衝突時の乗員挙動の複雑さなどから、二輪車乗員の衝突安全対策は非常に難しい課題である。特定の衝突形態では、高い安全性を確保することが可能な対策であったとしても、他の形態では、逆効果となり、安全性を確保できない場合がある。そこで、二輪車乗員の傷害軽減を目的として二輪車に取り付けられる保護装置の総合的評価法として ISO13232¹⁾ が発行されている。この ISO では、図1に示すように、主たる7つの衝突形態の実車試験を実施し、それ以外の約 200 形態について、コンピュータシミュレーション（以下、CS と呼称）を行い、保護装置の総合的評価をすることが規定されている。

本研究では、二輪車乗員の衝突安全対策のために、ISO13232の規定をはじめとする様々な衝突形態に適用できる CS モデルの開発²⁾を行った。ここでは、この一連のプロジェクトのうち、二輪車CSモデルの作成について述べる。

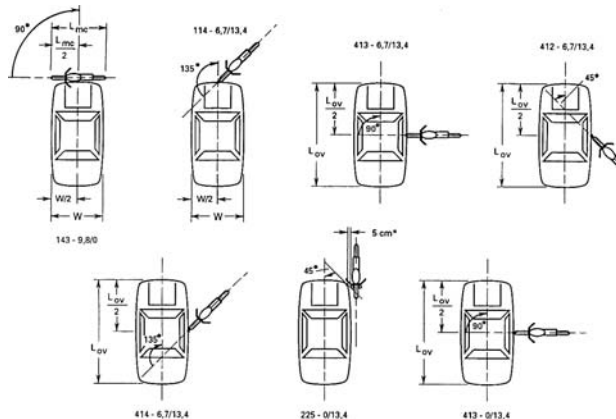


Fig.1 Impact configurations provided on ISO13232.

2. 二輪車

本研究で用いた二輪車を図2に示す。二輪車は Kawasaki 製 GPZ500 (1988 年式) である。この二輪車の CS モデルを作成する。



Fig.2 A Motorcycle used in this study.

3. 二輪車 CS モデルの作成

3.1 コンポーネントのモデル化

二輪車CSモデルを作成するためには、車体形状を表現する座標データが必要である。座標データについては3次元座標計測装置を用い、各ポイントの座標値を取得した。図3に座標データを取得したポイントの一例を示す。

取得した座標データを用い、各コンポーネントのモデル化を行った。モデル化には、I-deas ソフトウェアを使用した。モデルを用いたCSによる数値解析には、2つの解析コードを使用した。動的解析にはPam-crash、静的解析にはI-deas ソフトウェアを用いた。

3.2 コンポーネントCSモデルの検証

3.2.1 コンポーネント試験

二輪車を構成している個々のコンポーネントの特性が二輪車全体の特性に影響を及ぼすため、各コンポーネントそれぞれの荷重-変形特性を取得し、その特性を考慮したコンポーネントCSモデルを作成する必要がある。数種類のコンポーネントについて静的および動的試験（以下、コンポーネント試験と呼称）を実施し、CSモデルを用いた数値解析の結果と比較し、CSモデルの検証を行った。

図4に、前輪への落錘衝撃試験の様子を示す。二輪車が対象物に衝突する場合、二輪車の前部の特性が二輪車乗員の挙動に影響を及ぼすため、前部を構成するパーツの衝撃特性を把握することは重要である。そのため、前輪への圧縮衝撃試験およびフロントフォークの曲げ衝撃試験を実施した。試験条件は、錘体質量が218kg、落下高さが3.54mである。

図5にシートの静的圧縮試験の様子を示す。衝突後に二輪車乗員が二輪車のシート上を移動するため、二輪車乗員によるシートへの沈み込みの特性を取得した。本試験では簡易の試験装置を用いたため、クロスヘッドの圧縮速度は一定ではないが、約10mm/min.の速度である。圧子先端部のRは200mmである。

図6に、タンクへの落錘による衝撃試験を示す。二輪車乗員がシート上を前方に移動後、タンクに衝突するため、タンクの変形状況を再現するための落錘衝撃試験を実施した。錘体の質量は50kg、落下高さは0.2mである。なお、シートの静的圧縮試験およびタンクへの落錘衝撃試験については、CSモデルを作成する際に実施することがISO13232に規定されている。

また、二輪車衝突時における車体の前後のロールを表現するために、フロントフォークの軸圧縮試験およびリアサスペンションの軸圧縮試験を実施した。

3.2.2 コンポーネントCS

基本的なコンポーネントについては、有限要素でのモデル化を行ったが、フロントフォークおよびリアサスペンションについては、有限要素によるモデル化は行わずに、それぞれ伸縮自在のジョイントおよび非線形バネ・ダッシュポット要素で表現した。

図7に前輪への落錘衝撃試験をCSで模擬したモデルを示す。図8に前輪への落錘衝撃試験の結果と、CSモデルを用いた数値解析結果（変位-時間線図）を示す。試験結果および数値解析結果のいずれの波形においても、変位は100mmまでは同様である。試験での波形は、変位120mmで最大値を示しており、変位120mm以降は試験結果と数値解析結果の波形が異なっているが、これは、錘体が前輪と接触後、変位約100mm以上で強制停止させる構造となっている装置のモデル化を省略したためである。

図9に、タンクへの落錘衝撃試験をCSで模擬したモデルを示し、図10にタンクへの落錘衝撃試験の結果とそのCSによる数値解析の結果の比較（加速度-時間線図）を示す。試験と数値解析結果の最大値はよい一致を示していたが、加速度の立ち上がりの波形形状が異なった。CSモデルでは、タンク



Fig.3 Measurement points.



Fig.4 Drop test of a front wheel.



Fig.5 Compression test of a seat.

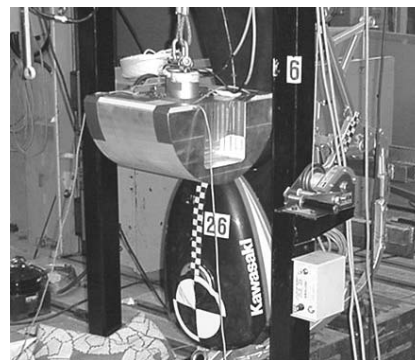


Fig.6 Drop test of a tank.

クとフレームとの支持部分は完全に固定されているが、実際のタンクの取り付け部分は、若干のあそびがあり、これが、初期の立ち上がりに影響を及ぼしたと考えられる。

図11にシートの静的圧縮試験をCSで模擬したモデルを示す。静的解析にはI-deasを用いた。シートの静的圧縮試験とそのCSモデルによる数値解析の結果（荷重-変位線図）を図12示す。変位50mmまでは、静的圧縮試験と数値解析の結果はほぼ等しいが、それ以降については、数値解析時のた

わみ量が、試験結果に比べて大きくなっている。これは、解析に用いたソフトウェアが線形解析用であるため、シートの変形量が大きくなった非線形領域では適切な解析ができないためと考えられる。

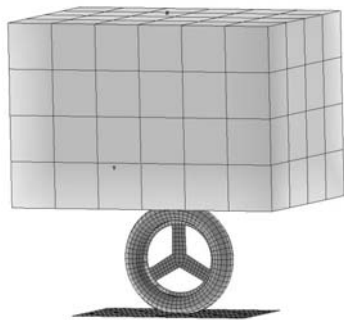


Fig.7 Drop test of a front wheel.

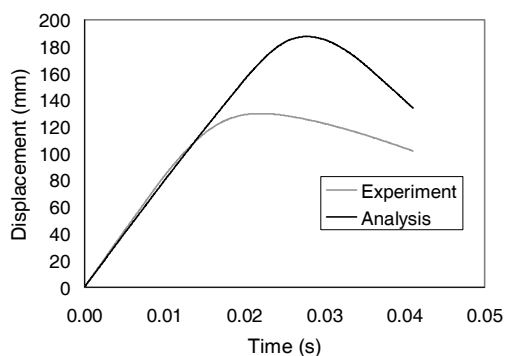


Fig.8 Displacement-time curves of experimental and CS results in drop test of a front wheel.

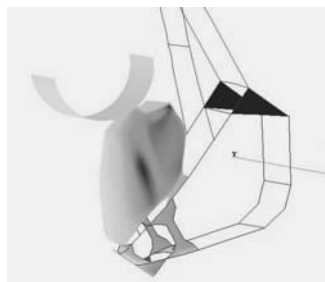


Fig.9 Drop test to a tank.

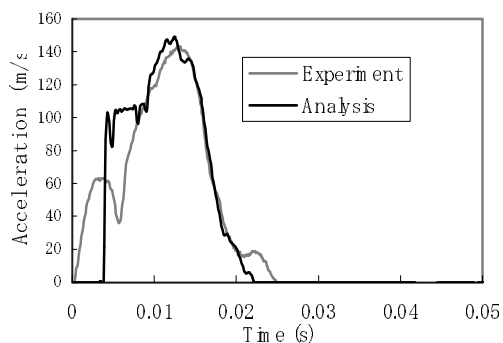


Fig.10 Acceleration-time curves of experiment and CS results in drop test to a tank.

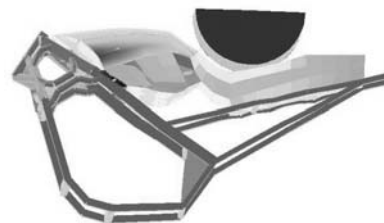


Fig.11 Static compression test of a seat.

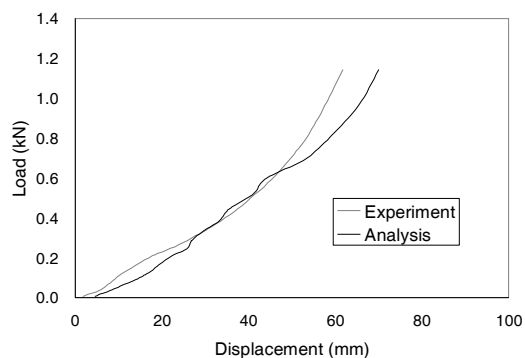


Fig.12 Load-displacement curves of experiment and CS in static compression test of a seat.

3.3 二輪車CSモデルの検証

3.3.1 二輪車バリア衝突試験

コンポーネントCSモデルを組み合わせることにより二輪車CSモデルを作成した。図13に、組み合わせた二輪車CSモデルを検証するために実施した二輪車のバリア衝突試験を示す。乗員が乗車していない二輪車を固定壁に衝突させ、その試験結果と二輪車CSモデルの数値解析結果を比較した。二輪車を速度48km/hで固定壁に衝突させ、この時の固定壁に発生する荷重をバリア荷重計により計測した。



Fig.13 Crash test of a motorcycle to a wall.

3.3.2 二輪車CS

図14に二輪車CSモデルを示す。フレームはビームエレメントを用い、燃料タンク、フェンダーおよびシートなどほとんどのパーツを、シェル要素でモデル化した。エンジンのように変形しないと仮定したパーツは剛体要素で表現した。

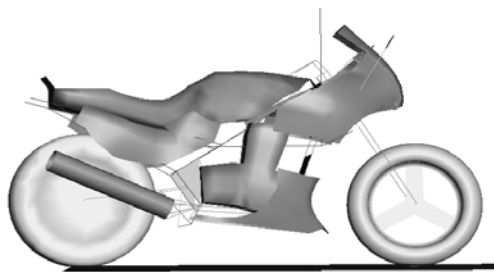


Fig.14 Motorcycle computer simulation model.

試験結果と数値解析結果におけるそれぞれの二輪車の挙動を図15および図16に示す。試験では、衝突20msec後には、すでにフロントフォークが変形し、40msec後には前輪とエンジンブロックとの接触が見られる。60msec後には、二輪車がノーズダウン現象を示し、100msec後において二輪車は前傾した状態で固定壁に対して反発している。数値解析結果においても二輪車CSモデルは、試験の場合と同様な挙動を示している。

図17に固定壁に発生した荷重・時間線図を示す。試験および数値解析結果ともに、初期ピーク荷重が発生した後、荷重は低下し、その後、荷重は徐々に増加し、セカンドピークが現れている。二輪車の挙動から、初期ピークはフロントフォークの曲げ変形、セカンドピークは前輪にエンジンブロックが衝突することによる底つきを示していることが分かる。

CSモデルを用いた数値解析結果は、試験結果の場合と比べて、二輪車の挙動および固定壁に発生した荷重・時間線図ともに、よい一致を示している。

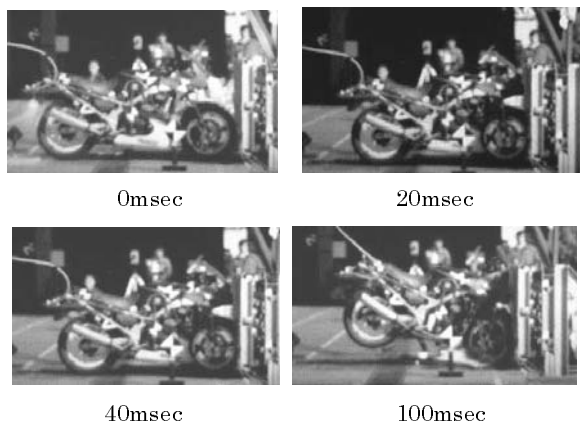


Fig.15 Behaviors of motorcycles in experimental results of wall crash tests.

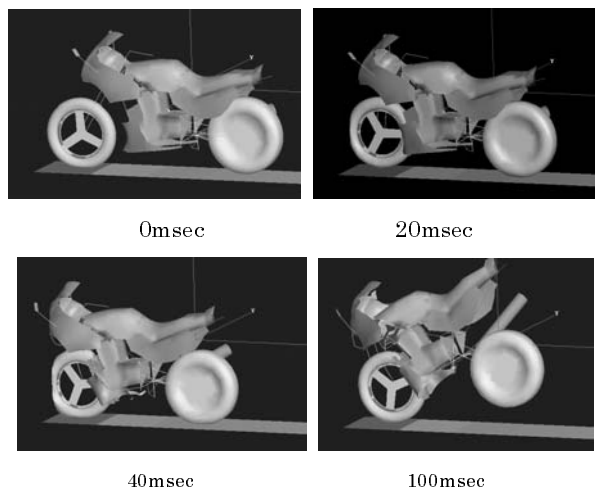


Fig.16 Behaviors of motorcycles in computer simulation results of wall crash tests.

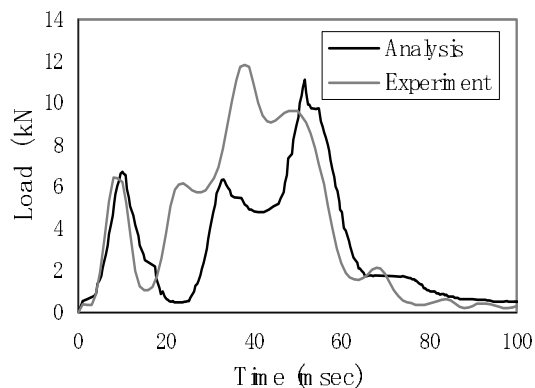


Fig.17 Force-time curves measured on a wall.

4. おわりに

本研究では、上述した手法を用いて二輪車CSモデルを作成した。数値解析結果での二輪車の挙動および荷重線図は、バリア衝突試験の結果をほぼ再現していた。今後、同様な手法で四輪車CSモデルを作成し、ISO13232に規定された二輪車対四輪車の衝突解析を実施する予定である。これによって、二輪車衝突安全対策の検討に寄与できると考える。

参考文献

- 1)ISO13232、Motorcycles Test and Analysis Procedures for Research Evaluation of Rider Crash Protective Devices Fitted to Motorcycle, Dec.1996.
- 2) A.Chawla ほか、A methodology for Car/Motorcycle Crash Simulation, 自動車研究, Vo.23, No.2, 2001