

313 大型バス開発における衝突シミュレーション

Crash Simulation for Development of Large-sized Bus

深町 和弘 (スバル研究所)
永沢 浩 (スバル研究所)

○宮本 秀治 (スバル研究所)
内野 信志 (富士重工業)

Kazuhiro FUKAMACHI, Shuji MIYAMOTO, Hiroshi NAGASAWA,
SUBARU Research Center Co., Ltd., Higashi-Honcho 10-1, Ohta-Shi, Gunma
Shinji UCHINO, FUJI Heavy Industries, Ltd., Suehiro-Cho 100, Isesaki-Shi, Gunma

For buses, there is a limit in expense and facilities to perform structural analysis by repeating crash tests using actual vehicles. This paper describes an example of crash analysis by FEM performed by our company, for frontal crash and rollover of a large-sized bus. Regarding the frontal crash analysis, an effectiveness model verified by a frontal crash test at 35km/h, and the structural improvement based on the full model was considered. Regarding the rollover analysis, since the event duration is long, a method to utilize partial body model instead of a complete vehicle was proposed in order to reduce calculation time. As practical results, the improved vehicle showed good performance satisfying the target level in frontal crash and rollover tests.

Key Words: Finite Element Method, Bus, Frontal crash, Rollover

1.はじめに

数年前、バスに関する重大事故が頻発した事を契機として、バスの衝突安全性に対する社会的な関心が高まってきた。しかし、多種小量生産で、一台当たりの価格が高いバス車体においては、乗用車のように実車試験を繰り返す事により衝突安全性能の作りこみを行うのは、費用の面で難しいといわざるを得ない。また、大型車の衝突試験が可能な施設は、国内を見渡してもわずかであり、実験的なアプローチをさらに困難なものとしている。したがって、バス車体の衝突安全性を考えると、数値解析の有用性はより高いものとなる。

本報では、衝突解析ソフトウェアの PAM_CRASH を用いて大型観光バスを対象に、前面衝突解析、ロールオーバー(横転)解析を行った事例を紹介する。ロールオーバー解析では、車体の主要部のみを解析対象とすることにより、計算時間を削減し、多数の対策案の検討を可能とした。

2.前面衝突解析

解析対象は、図 1 に示す全長 12m、全幅 2.5m、全高 3.3m の大型観光バスである。

図 2 に有限要素モデルを示す。車体前方部は、シェル要素を用いて詳細にモデル化してあるが、車体後方部は、要素数削減のため、梁要素を用いて簡易にモデル化してある。

解析の目的は運転席まわりの変形量を抑制する事とし、計算条件は自動車工業会のガイドラインにしたがって、時速 35km/h での剛体バリアに対するフルラップ衝突とした。

まず最初に、解析モデルの妥当性を確認するために、実車試験を行い、実験結果と計算結果との比較を行った。図 3、及び図 4 に車体の変形状況を示し、図 5 に車体前方の変形量の時刻歴線図を示す。

実験結果と計算結果は概ね一致しており、モデルの妥当性が確認された。この結果を受けて、計算モデルにより各種補剛案の検討を行った。解析によって得られた補剛案を盛り込んだ実車による確認試験をおこなった結果、運転席まわりの変形量を約 60%減らす事が出来た。

3.ロールオーバー解析

前面衝突においては、生存空間の圧迫を受けるのは主に車体前方部であるのに対し、ロールオーバーという事故形態では、窓際に位置する乗員・乗客全てが危険にさらされるため、衝突安全性に配慮する際、ロールオーバー対策を行う事は非常に重要である。

日本では、ロールオーバーに関する法規制は今のところ存在しないが、欧州規制 ECE-R66 に則って、メーカーが自発的に試験を行っている。ECE-R66 の内容は、高さ 800mm のプラットフォームから車体を地面に転落させ、定められた生存空間に構造部材が侵入しない事を確認するというものであり、数値計算もこの条件で行った。(図 6)

ロールオーバー試験を数値計算によりシミュレートするには、次のような問題点がある。第一に、前面衝突と異なり、変形が車体全体に及ぶことから、車体全体を詳細にモデル化する必要があり、要素数増大、ひいては計算時間の増大を招く。第二は、現象時間の長さに起因する、計算時間の増大である。ロールオーバーでは、車体が転落を始めた時点から現象を追う必要があるため、現象時間は前面衝突に対して 10~数 10 倍のオーダーとなる。このため、通常の方法で解析を行うと、非現実的な計算時間を要することになる。

この点に関しては、転落を始めてから地面に接するまでの転落過程の間、車体を剛体として扱う事により、現象時間の大半を占めるこの過程の計算時間が劇的に短縮できることが知られている。本報の解析でもこの手法を用いている。

しかし、バス車体は車体寸法が大きく、また重量も重いため、接地後の変形過程も長時間に及ぶので、上記手法により転落過程の計算時間を短縮しても依然として長い計算時間が必要になる。

一方、ロールオーバーで起こる変形は、車体の前後方向についてほぼ均一である。本解析では、この点に注目し、ロールオーバーに対して主要な強度分担部位である、車体前方部を取り出した部分モデルにより解析を行い、要素数

を減らすことにより計算時間の削減を試みた。

以下に部分モデルによる解析の手順を述べる。まず車体全体モデルによる解析を行い、車体全体が吸収したエネルギー量に対する、車体前方部が吸収したエネルギー量の比率を求めた。

全体モデルの質量及び慣性モーメントと、部分モデルの質量及び慣性モーメントの比が、エネルギー吸収量の比率に等しくなるように、部分モデルに付加質量を搭載し、計算を行った。

図7に全体モデルと部分モデルの変形状況を比較する。部分モデルによる解析でも、全体モデルの解析結果に見られる特徴的な変形が再現された。

図8にエネルギー吸収密度の分布を示す。エネルギー吸収密度の高い部位は一致しており、部分モデルを解析することにより、補剛効果の高い部位を特定する事が出来る。

部分モデルの計算に要した時間は、全体モデルに対する比で約1/3であった。

部分モデルによる解析では、最初に全体モデルによる解析を行う必要があるが、補剛対策の評価に部分モデルを使う事により計算時間が削減でき、対策の立案→評価のサイクルを効率的にまわす事が出来る。

本手法により、補強対策を行った大型観光バスについて実車試験を行った結果、ECE-R66に定められた生存空間を確保する事が出来た。

4.まとめ

有限要素法により、大型観光バスの前面衝突解析及びロールオーバー解析を行い、補強対策を検討した。ロールオーバー解析では、部分モデルにより、計算時間を短縮した。



Fig. 1 解析対象

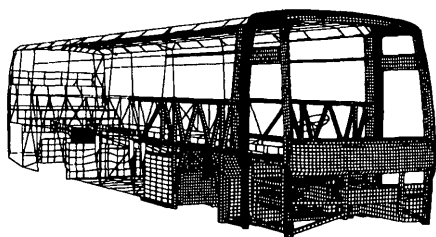


Fig. 2 解析モデル



Fig. 3 前面衝突試験結果

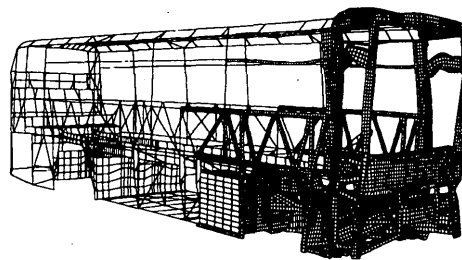


Fig. 4 前面衝突計算結果

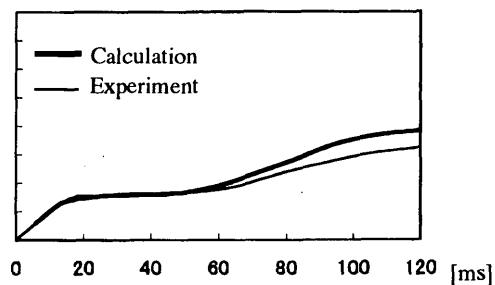


Fig. 5 車体前方の変形量

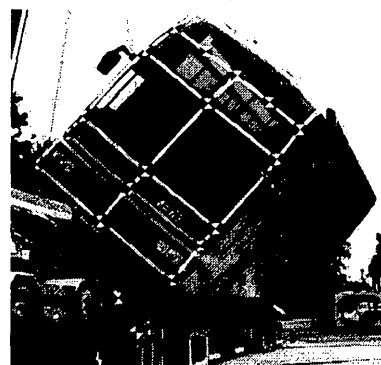


Fig. 6 ロールオーバー試験

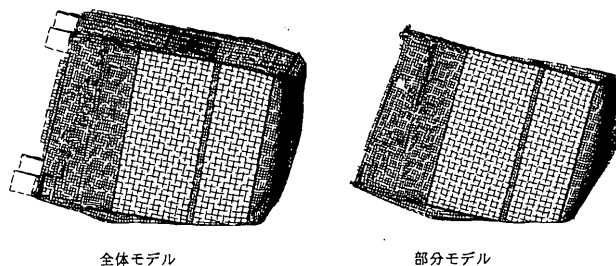


Fig. 7 変形モードの比較

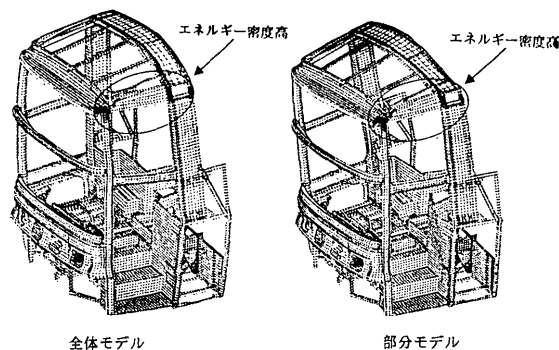


Fig. 8 エネルギー吸収密度分布