

段ボール構造体の落下衝撃シミュレーションについて

一般に工業製品の設計において、構造解析ソフトウェアを利用して設計効率化を図ることは常識となっています。しかし、段ボール包装設計では均質化法を用いた事例などはありませんが、現状ではまだ一般的ではありません。今後、製品設計と並行して包装設計の迅速化・効率化が求められ、シミュレーション技術の導入が必要になります。そこで、汎用構造解析ソフトウェア(LS-DYNA)を用いて段ボール緩衝材の落下衝撃のシミュレーションを行った事例を紹介いたします。

ここでは、家電品包装を想定し、製品ダミーの木箱(400×300×100mm, 5.3kg)を図1に示すサイドパッド方式の段ボール緩衝材で支持するシンプルな包装品モデルを考案し、実験と解析を試みました。実験は高さ600mmからの自由落下試験で、木箱に発生する衝撃加速度を測定しました。

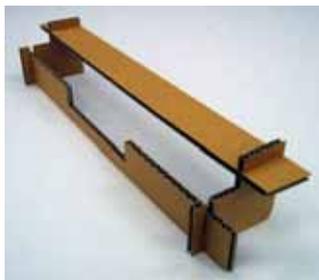


図1 段ボール緩衝材モデル

段ボールの解析用のモデル化については実効性を考慮し、本来構造体である段ボールシート全体を単一素材の平板と見なして、シェル要素により行っています。解析に利用する段ボールの物性値については、シートの引張試験や圧縮試験から得られた数値を基に、段ボールの異方性を考慮した弾性係数、圧縮強度、せん断破壊強度等を設定し、LS-DYNAの破壊モデル解析の計算則を用いました。また、更に計算の精度を上げるために段ボールの上下端部については通常の設定値よりも低く設定する工夫も行っています。これはモデル全体に同一の数値を用いた場合、衝撃の初期段階において極めて加速度値が大きくなってしまい、実際とかなりかけ離れた値になってしまうためです。

図2に解析結果と実験結果との比較(太線が解析、細線が実験)を示しますが、衝撃初期段階での加速度の立ち上がりの様子やその後の波形の変動について近似した傾向が認められます。

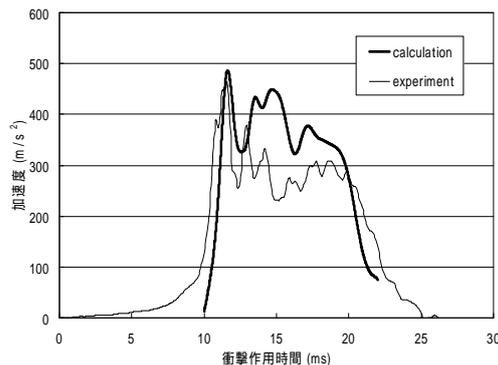


図2 シミュレーション解析と実験の比較

ピーク加速度についても実験値が 465m/s^2 、解析値が 487m/s^2 でおよそ5%の小さな誤差でした。また、緩衝材の変形量については、解析による変形量の最大値が13.0mmで、実験で測定した落下後の変形量は11.8mmでした。実際に段ボールが破れながら変形し反発による変位の復元がほとんど無いことを考えれば妥当な数値であると言えます。

次に、図3にシミュレーション解析による緩衝材の変形と実験後の実際の緩衝材の状態を比較した例を示しますが、座屈変形の状態についてかなり類似した結果となっているのがわかります。

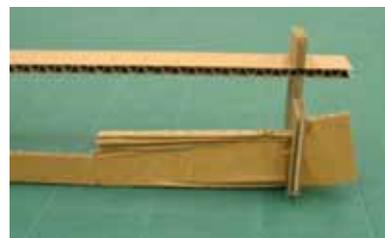
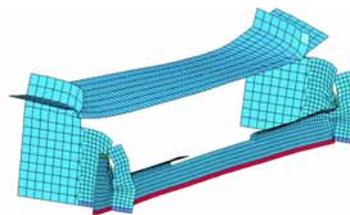


図3 緩衝材の変形比較

段ボールを単一素材と見なしたモデルでも、物性値の工夫により精度の良い解析が可能であることがわかりました。なお、この内容は株式会社テラバイトとの共同研究で実施しました。



工業技術部 応用技術室 中川 幸臣 (0566-24-1841)

研究テーマ：包装用緩衝材の開発・評価技術に関する研究

担当分野：包装・物流技術