

CAE 分析在汽车被动安全设计中的应用

郑州日产汽车有限公司技术中心 祝小康 李梦帆 苏秀荣

一. 引言

保证汽车结构的碰撞安全性以提高乘员的被动安全，早已成为汽车设计过程中优先考虑的工作。本文主要从白车身的正碰、侧碰和尾碰 3 个方面着手介绍了 CAE 在汽车被动安全性设计中的具体应用。

二. CAE 分析的动力学模拟理论

大多数非线性动力学问题都是采用显式求解方法，特别是在求解大型结构的瞬时高度非线性问题时，显示求解方法有明显的优越性。下面简要介绍一下显示求解方法。

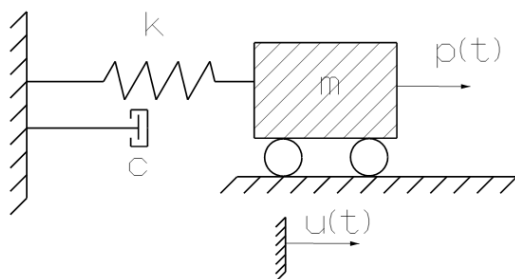


图 1 弹簧阻尼系统示意图

如图 1 所示，先考虑简单的单自由度线性弹簧阻尼系统，根据达朗贝尔动力学原理可得：

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = p(t) \quad (2.1)$$

$\ddot{u}$ 为加速度， $\dot{u}$ 为速度， u 为位移， $p(t)$ 为外力。对于非线性问题， k 为位移 u 的函数，方程为：

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + k(u)u = p(t) \quad (2.2)$$

对于非线性问题用解析方法一般很难求解，所以应用数值解法来求解，常用的为有限差分法和有限元法。对于有限元法而言，上述运动方程的矩阵形式为：

$$M\ddot{U} + C\dot{U} + KU = P(t) \quad (2.3)$$

式中 $\ddot{U}$ 为节点加速度列阵， $\dot{U}$ 为节点速度列阵， U 为位移列阵， $P(t)$ 为外力向量列阵， M 为质量矩阵， C 为阻尼矩阵， K 为刚度矩阵。

求解该运动方程目前使用较多的方法有两种，一种是振型叠加法，另一种是逐步积分法。对于复杂问题，一般采用逐步积分法。

三. 汽车门锁及车门保持件性能的 CAE 模拟分析

本文所述车型的侧滑门是在已有车型的基础上进行重新造型、重新设计的侧滑门，因此需要重新校核其是否满足国标《GB15086 汽车门锁及车门保持件的性能要求和试验方法》

的法规要求。

本文利用 Hyperworks 软件对侧滑门及侧围总成采用壳单元进行网格划分, 可得 172358 个单元、181232 个节点。在安装螺栓孔位置和焊点处作 RBE2 SPIDER 连接, 侧滑门内外板粘接处作一层 solidmap 实体单元。利用 LS-dyna R6 进行模拟分析。

1. 约束和加载

① 约束车身截面处所有节点 6 个方向的自由度。

② 加载位置及加载装置位移示意图如图 2 所示, 两个压头上分别施加 9kN 的压力。

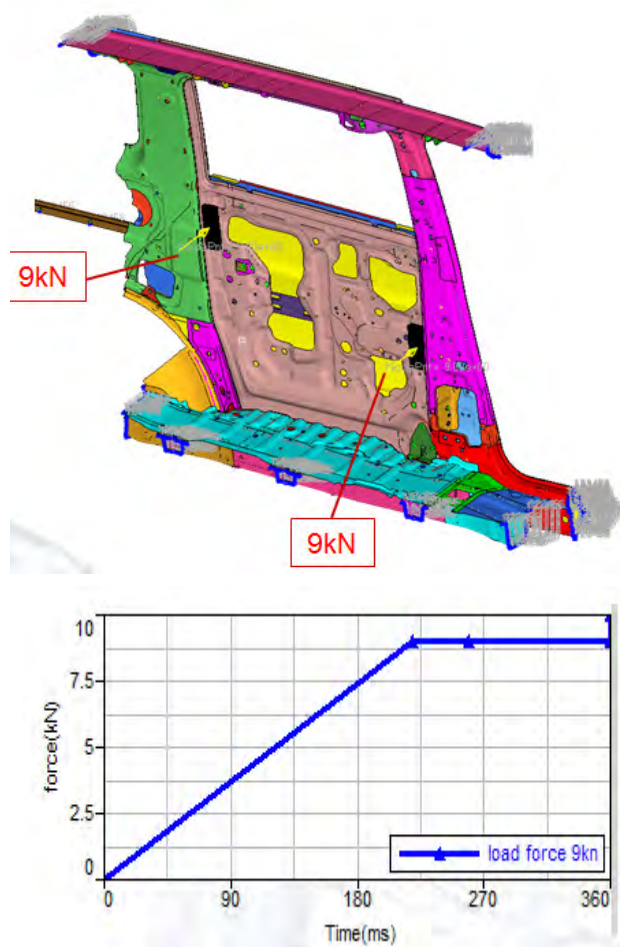


图 2 CAE 加载位置及加载过程示意图

2. [N] 版数据的模拟分析

(1) 方案说明

[N] 版数据的 C 柱锁扣安装处侧围内外板总成由 2 个点焊焊点连接, 如图 3 所示

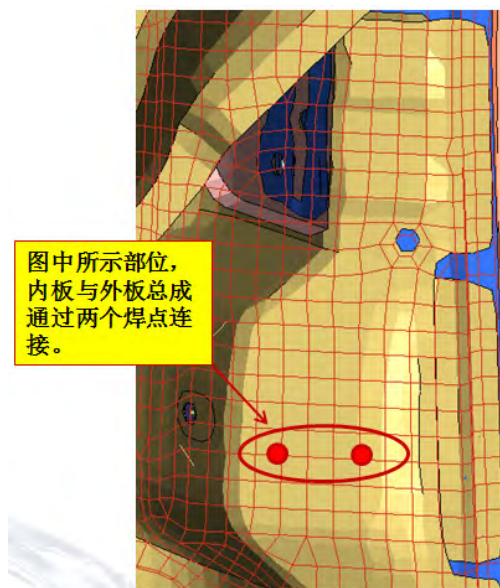


图 3 [N] 版数据 C 柱锁扣安装处侧围内外板总成的连接示意图

(2) 分析结果

通过计算可知侧滑门总成的最大位移量为 100.4mm, 不满足法规要求 (法规要求试验后最大间隙值 < 100mm), 方案 NG。

模拟分析的加载过程如图 4 所示, C 柱内外板的位移云图如图 5 所示, 模拟分析后侧滑门与侧围的间隙示意图如图 6 所示。

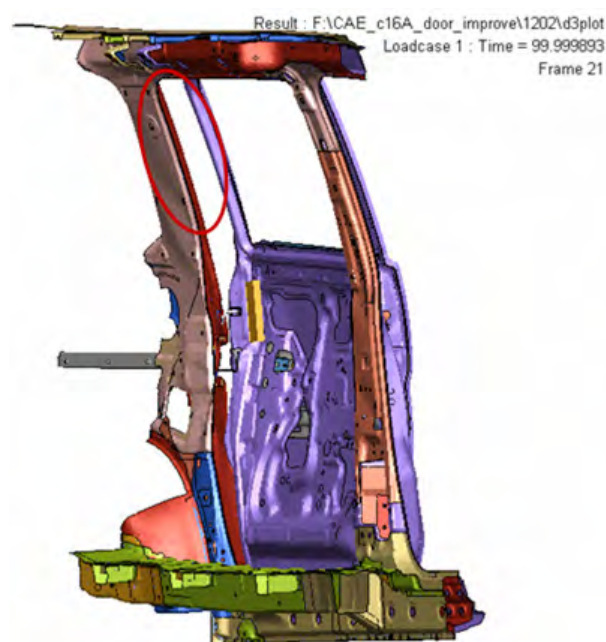
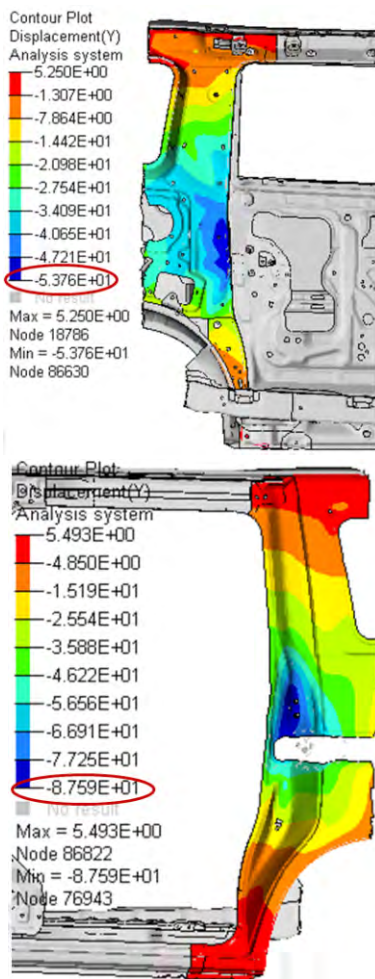


图 4 [N] 版数据模拟分析的加载过程示意图



C 柱内板的位移云图

C 柱外板的位移云图

图 5 [N] 版数据 C 柱内外板的位移云图

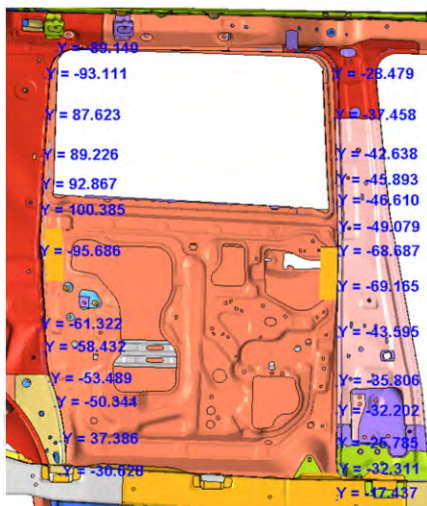


图 6 [N] 版数据模拟分析后侧滑门与侧围的间隙示意图

3.[1] 版数据的模拟分析

(1) 方案说明

[1] 版数据在 [N] 版数据的基础上, 在 C 柱锁扣安装处附近增加 1 个连接支架和 1 个焊点, 具体如图 7 所示

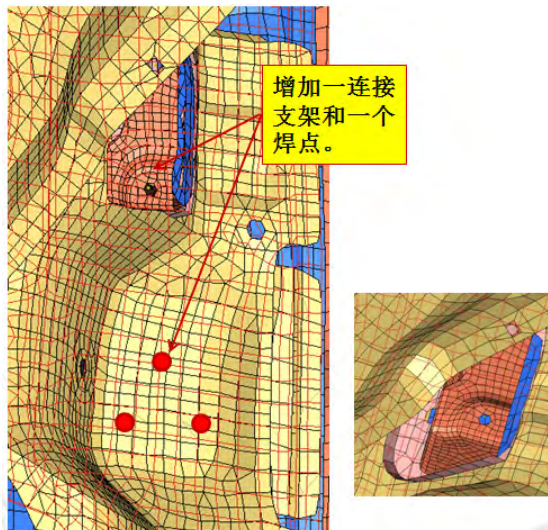


图 7 [1] 版数据 C 柱锁扣安装处附近侧围内外板总成的连接示意图

(2) 分析结果

通过计算可知侧滑门总成的最大位移量为 68.5mm, 相比 [N] 版数据试验后的最大间隙值 (100.4mm) 得到很大改善, 且满足法规要求 (法规要求试验后最大间隙值 < 100mm), 方案 OK。

模拟分析的加载过程如图 8 所示, C 柱内外板的位移云图如图 9 所示, 模拟分析后侧滑门与侧围的间隙示意图如图 10 所示

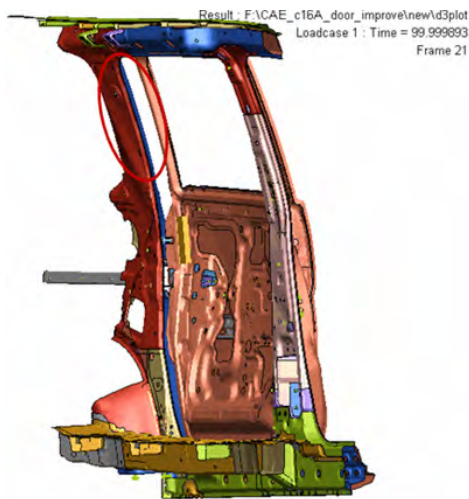
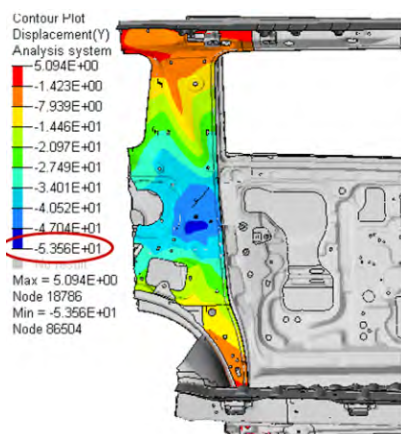
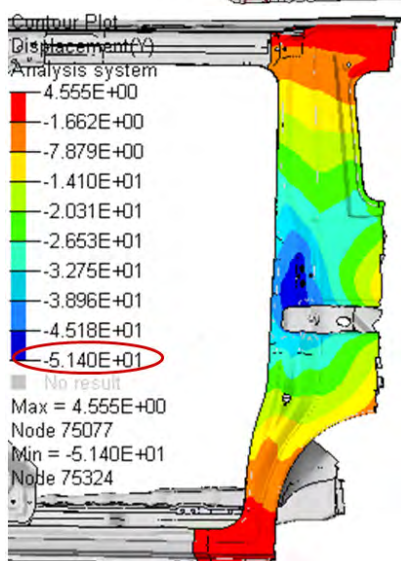


图 8 [1] 版数据模拟分析的加载过程示意图



C 柱内板的位移云图



C 柱外板的位移云图

图 9 [1] 版数据 C 柱内外板的位移云图

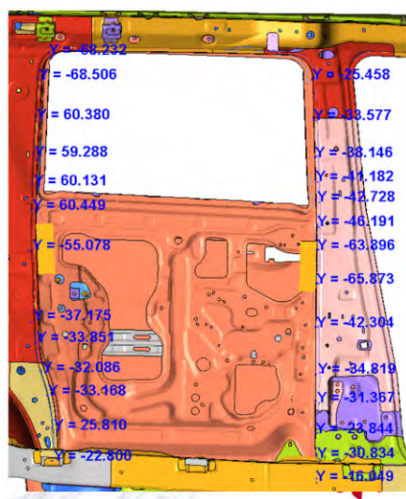


图 10 [1] 版数据模拟分析后侧滑门与侧围的间隙示意图

4. 总结

将 [N] 版数据和 [1] 版数据的结果汇总如表 1 所示，由表 1 可知：

结构改进后，C 柱内板 Y 向位移量无明显变化；

结构改进后，C 柱外板的 Y 向位移量减少 41%；

结构改进后，试验过程中车门后侧间隙量明显减小，且满足法规要求（法规要求试验后最大间隙值 < 100mm），侧滑门试验后未脱开。

表 1 结构改进前后的模拟分析结果对比表

测点	车门后侧			车门前侧		
	改进前	改进后	改善百分比	改进前	改进后	改善百分比
1	89.1	68.2	23.46%	28.5	25.4	10.88%
2	93.1	68.5	26.42%	37.5	33.6	10.40%
3	87.6	60.4	31.05%	42.6	38.1	10.56%
4	89.2	59.3	33.52%	45.9	41.2	10.24%
5	92.9	60.1	35.31%	46.6	42.7	8.37%
6	100.4	60.4	39.84%	49.1	46.2	5.91%
7	95.7	55.1	42.42%	68.7	63.9	6.99%
8	61.3	37.2	39.31%	69.2	65.9	4.77%
9	58.4	33.9	41.95%	43.6	42.3	2.98%
10	53.5	32.1	40.00%	35.8	34.8	2.79%
11	50.3	33.2	34.00%	32.2	31.4	2.48%
12	37.4	25.8	31.02%	26.8	23.8	11.19%
13	30.6	22.8	25.49%	32.3	30.8	4.64%
14				17.4	16.1	7.47%

四. 结语

本文通过对 LS-dyna R6 在某车型中对汽车门锁及车门保持件性能的模拟分析为例，简述了 CAE 在汽车安全性设计中的具体应用。利用 CAE 技术对汽车安全部件的设计进行模拟分析，可以有效地评估设计方案的可行性，避免后期实车试验时方案 NG 对项目节点延后、设计方案无法改进、试验费用高等问题的产生。