

A Study on Simulation of Safety Belt System Failure in Frontal Impact

Wang Hongyan, Xiao Fan
Automotive Institute of Tongji university

Abstract: The safety belt model of PAM-SAFE is introduced in this paper. The PAM-CRASH software is used to simulate the failure situation of safety belt, which is caused by the rupture of the joint between the three-point seat belt buckle and the seat in the crash trial. The simulation of safety belt failure situation in crash is actualized by means of modeling the safety belt and defining the rigid link of the buckle joint.

Key words: vehicle crash, safety belt, failure, simulation

碰撞中安全带系统失效模拟方法探讨

王宏雁, 肖凡
同济大学汽车学院

摘要: 介绍了 PAM-SAFE 的安全带模型。尝试运用 PAM-CRASH 软件对碰撞试验中三点式安全带的带扣与座椅连接处发生断裂而造成的安全带失效情况进行模拟。通过对安全带建模及带扣连接处刚体定义的结合, 实现了对碰撞过程中的安全带失效情况的模拟。

关键词: 汽车碰撞, 安全带, 失效, 模拟仿真

1. 引言

当今汽车各种安全保护装置中, 安全带是最简单且有效的, 它能较好的约束住乘员, 避免人体与车舱内部件发生剧烈二次碰撞, 更能保证人体良好的运动轨迹, 配合安全气囊给予乘员最佳的保护。

在碰撞中由于某些原因有时会发生安全带系统结构破坏, 造成安全带的保护作用失效的情况。本文就某次在碰撞过程中安全带系统被破坏的整车正面碰撞试验, 尝试运用 PAM-CRASH 软件对安全带的失效进行模拟。在该次碰撞试验中, 在 52.8ms 时三点式安全带的带扣与座椅连接处发生断裂。

2. PAM-SAFE 安全带系统模型

PAM-SAFE 中的安全带系统模型和真实的安全带装置一样, 由卷收器 (RETRACTOR)、肩带滑环 (SHOULDER SLIPRING)、带扣 (BUCKLE SLIPRING)、固结锚点 (ANCHOR) 和织带组成。(见图 1)

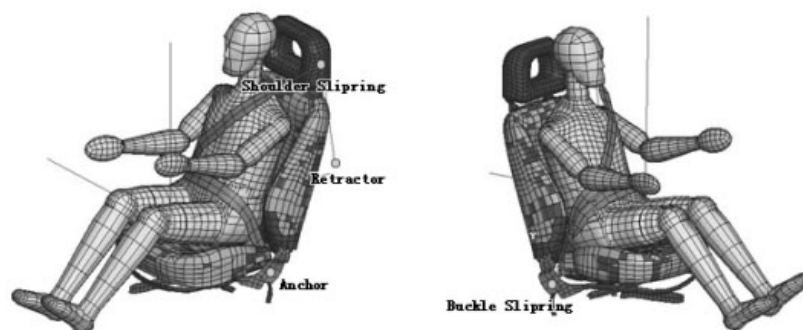


图 1 PAM-SAFE 中的安全带系统

卷收器允许织带拉出或回收。在锁紧之前，卷收器可以自由的提供拉出所需的织带，除非拉出力小于所定义的安全带预紧力。在卷收器模块中可以根据需要设定预紧力、预紧参数和锁止参数，其中通过传感器(sensor)来触发系统预紧或锁止。锁止后的安全带限力作用可以通过定义绕轴效应(film spool effect)来模拟，即用一条“力—织带拉出量”曲线来定义 film spool effect。在 PAM-SAFE 的安全带系统模型中，如果预紧触发器激活，则会自动引起锁止触发器激活，而不考虑锁止触发器的状态，并且一旦预紧器被激活，film spool effect 也就失去作用。

肩带滑环(SHOULDER SLIPRING)、带扣(BUCKLE SLIPRING)都是使用 Slipring 模块来描述的。两者在具体的参数定义上有所不同。

所有经过滑环(slipring)发生滑移的单元必须定义为 205 号材料。既然滑环算法允许单元的滑移，则每个滑环可以用一个分隔节点来方便的描述。而连接于滑环的两侧织带间的节点的运动受到滑环节点的约束，两者运动轨迹保持一致。当一个单元滑过滑环时，与滑环相连接的单元号和受约束节点号则自动更新。滑环节点可以将其固定，或连接在模型的其他部分上。作用于滑环的载荷会自动转移到滑环节点上。

由于膜单元与卷收器模型及滑环模型不兼容，所以织带在卷收器、肩带滑环和带扣的附近需要使用杆单元。在织带与人体相接触的部分使用膜单元。杆单元和薄膜单元的材料需要分别定义。[1][2]

3. 安全带失效模拟模型的建立

在建立安全带系统模型时，RETRACTOR、SLIPRING、ANCHOR 一般是直接在车身结构上选取相应坐标的节点来定义的。但是由于要模拟带扣与座椅连接处发生断裂的失效，所以在定义带扣(BUCKLE SLIPRING)时需要在相应坐标建立一个自由节点，然后在此自由节点上定义 BUCKLE SLIPRING 模块。

在 PAM-CRASH 前处理软件 GENERIS 中，将定义了 BUCKLE SLIPRING 的自由节点和座椅骨架相应节点定义为一个刚体，即模拟正常情况下安全带的连接。接着需要定义该刚体中的 SENSOR 设置。在刚体的 SENSOR 定义中，可选的 SENSOR 类型必须是“逻辑功能开关”。先需要定义一个 SENSOR，选择类型为“逻辑功能开关”，其描述曲线见图 2：

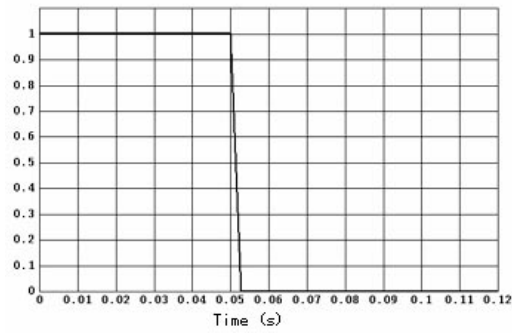


图2 “逻辑功能开关”定义曲线

把该“逻辑功能开关”应用到刚体的 SENSOR 设置中，以实现在 52.8ms 时刚体的定义失效，即使得定义了 BUCKLE SLIPRING 的节点在 52.8ms 之后变得“自由”，不再受到前面所定义刚体的约束。通过这样就可以实现对带扣与座椅连接处发生断裂的情况的模拟。

4. 计算模拟结果

计算生成的碰撞过程序列图如下：

分析碰撞过程画面看出，在碰撞的前段时间里，安全带系统工作正常，对乘员起着有效约束作用；当触发了“逻辑功能开关”后，约束 BUCKLE SLIPRING 的刚体失效，安全带

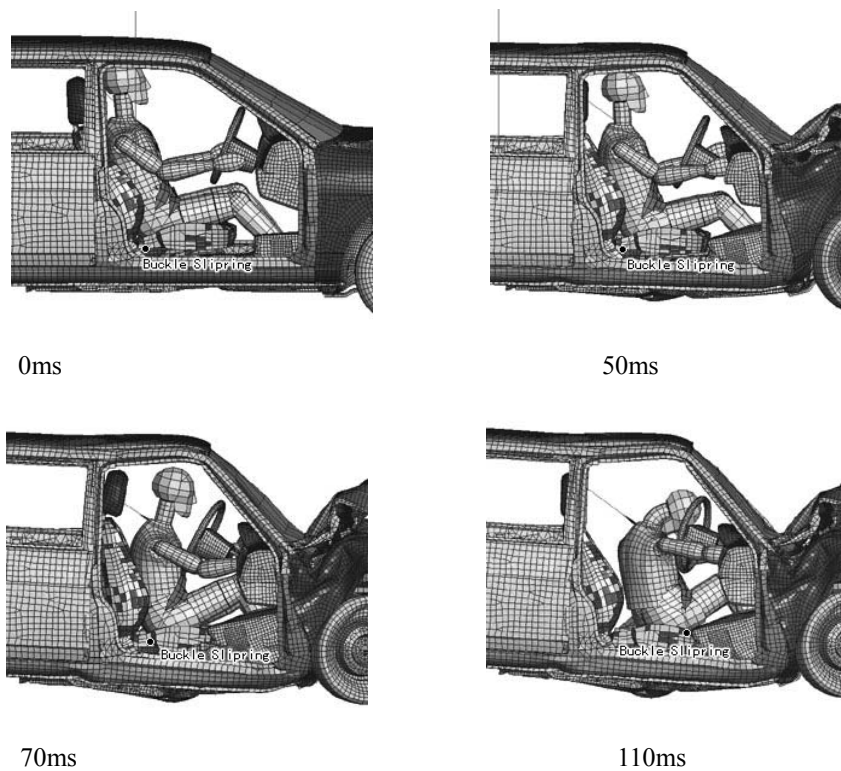


图3 碰撞过程序列图

带扣处发生断裂。从上面的后两幅画面可看到 BUCKLE SLIPRING 已脱离原先的位置，人体也不再受到安全带的约束，产生明显的滑动。

计算模拟得出的人体头部伤害指标 HIC 值为 976, 试验的 HIC 值为 948, 两者误差为 2.95%, 有着较好的精度。

5. 结语

汽车发生碰撞时，安全带对乘员的保护作用是很有效的，它能约束住受到巨大冲击惯性力的人体的运动状况，避免人体与车舱内部件发生剧烈二次碰撞，更重要的是安全带的有效约束作用能保证人体良好的运动轨迹，即大致在车身纵向运动，以达到配合安全气囊给乘员良好的保护作用的目的。所以如果在碰撞过程中安全带系统被破坏，那么对乘员的运动响应和伤害指标的影响是很大的，是不能不考虑的。

本文运用 PAM-CRASH 软件，将安全带带扣（BUCKLE SLIPRING）定义在自由节点上，再把该自由节点与结构上的节点定义成一个刚体，通过设置刚体失效的“逻辑功能开关”，在某时刻触发使得该刚体失效，从而实现了安全带带扣连接处断裂的模拟。从计算模拟结果看出，该方法能较好地模拟碰撞过程中的安全带失效情况。

参考文献：

1. PAM-SAFE TRAINING MANUL, ESI Software South East Asia Office
2. PAM-CRASH/SAFE 2002 THEROY NOTES MANUAL, ESI Software