

Analysis of Influence-Factors to Dummy Injury Parameters in Front Crash

Chunxian Ju, Kai Zhang, Yongpo Zhao, Xianling Chen

R & D Center of Great Wall Motor Company, Automotive Engineering Technical Center of Hebei Province, Baoding, China

Email: Chunxian_ju@163.com

Abstract: Dummy chest score is a key factor of vehicle score in front crash of C-NCAP criterion. According to statistic, chest score is the lowest in vehicle score. This paper start with dummy chest structure of Hybrid III 50%, analyzes measure theory of chest acceleration and chest displacement, finds out the factor of chest injury by simulation combining with crash situation, based on above, the paper analyzes chest injury question of a vehicle, then find out a solution by simulation.

Keywords: front crash; chest injury; simulation

正面碰撞中假人胸部伤害影响因素分析

鞠春贤, 张凯, 赵永坡, 陈现岭

长城汽车股份有限公司技术中心, 河北省汽车工程技术研究中心, 保定, 中国, 071000

Email: Chunxian_ju@163.com

摘要: 在C-NCAP正面碰撞中, 假人胸部得分是整体得分高低的一个关键因素, 据统计, 假人胸部得分的比率是几个部位中最低的, 本文从Hybrid III 50%假人的胸部结构入手, 对加速度及胸部压缩量的测量原理进行了分析, 通过仿真, 并结合碰撞情况找出胸部伤害的几点影响因素, 在此基础上, 对某车型的胸部伤害较大问题进行分析, 并通过仿真找出解决方案。

关键词: 碰撞; 胸部伤害; 仿真

1 引言

胸部损伤是交通事故中比较常见的一种受伤类型, 在碰撞过程中, 假人胸部会与转向盘、安全带、安全气囊等零部件相接触, 这是造成假人胸部伤害的主要原因, 目前还没有更加有效地安全装置来保护胸部, 从目前的C-NCAP测试结果中可以看出, 胸部的得分在总分中所占的比例是最小的, 所以在胸部的损伤机理及保护措施上还有待更深入的研究, 本文从假人的运动趋势上入手, 分析了假人与约束系统之间的作用关系, 找到胸部伤害的影响因素。

在C-NCAP中, 评价假人胸部伤害的因素有两个, 胸部压缩量和胸部3ms加速度, 加速度传感器及位移传感器如图1所示, 胸部加速度传感器与脊骨盒的侧面相连接, 脊骨盒上面与肩部链接, 下部与髋部链接; 胸部压缩量是通过一个连杆机构来测量的(如图2所示), 连杆的上端可以沿胸部上下移动, 下端可以转动, 当胸部受到挤压时, 连杆的上端沿着胸骨向上滑动, 下端的电位计发生转动, 传感器将电压信号转化成角度, 再通过一定的函数将弧度转化为变量。

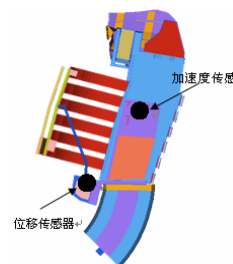


Figure 1. Chest sensor

图1. 传感器图示

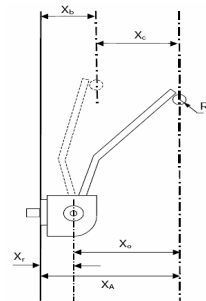


Figure 2. Potentiometer

图2. 电位计

2 仿真分析

在正面碰撞中，给假人胸部作用力的主要有安全带和安全气囊，安全带主要作用假人肩部、胸部和腹部；安全气囊对假人胸部主要作用点为锁骨、肩部、胸部，为了分析影响假人胸部伤害的因素，利用dyna搭建简单的测试模型，使用HybridIII50%多体假人，在锁骨、肩膀、胸部、腹部四个安全带接触的位置定义四个推动块，定义重力场，推动块以10m/s的速度撞击假人锁骨、肩膀、胸部、腹部四个位置，输出假人胸部加速度和胸部压缩量，如图3所示。

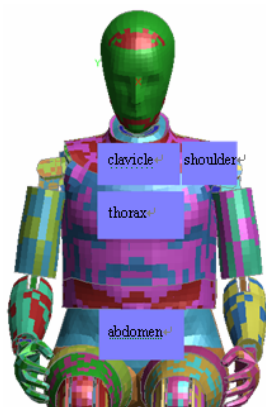


Figure 3. Crash position
图3. 撞击位置图示

2.1 撞击锁骨位置

撞击锁骨位置，锁骨后部直接与Spine Box连接，前部与胸部的胸骨连接，故锁骨受力时，后部会传递到Spine Box中的传感器，前部会传递到胸骨，对胸部压缩量造成一定的影响，撞击后加速度为20g,位移量为23mm。

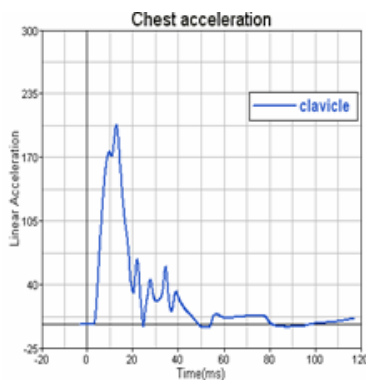


Figure 4. Chest Acc when block clavicle
图4. 撞击锁骨胸部加速度

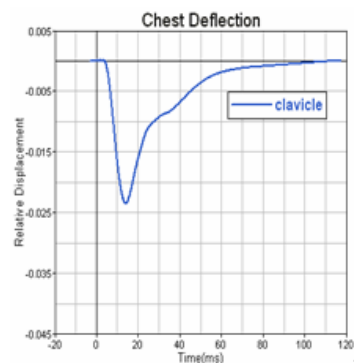


Figure 5. Chest deflection when block clavicle
图5. 撞击锁骨胸部压缩量

2.2 撞击肩部位置

撞击肩部时，肩部与Spine Box相连接，肩部受力会直接传递到Spine Box内部的传感器，故对假人胸部加速度影响较大，肩部距离胸部较远些，力的传递不明显，故对胸部位移量几乎没有影响，撞击后加速度为26g,位移量为3mm。

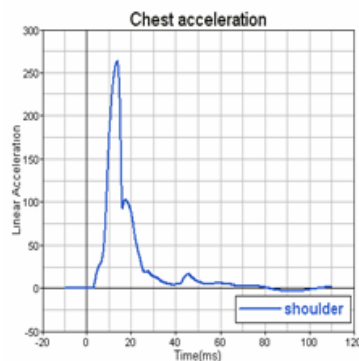


Figure 6. Chest Acc when block shoulder
图6. 撞击肩部胸部加速度

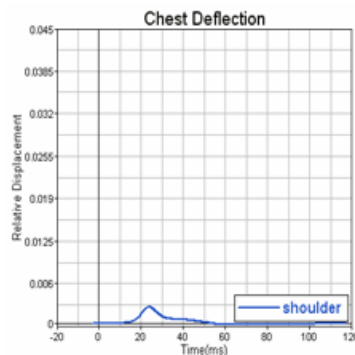


Figure 7. Chest deflection when block shoulder
图7. 撞击肩部胸部压缩量

2.3 撞击胸部位置

撞击胸部时，由于受力点与加速度传感器的安装位置较近，故胸部加速度较大，在对胸部进行挤压的时候，位移量的测量摆臂发生的转动量较大，故胸部位移量的变化也很大，加速度为29g，位移量为42.5mm。

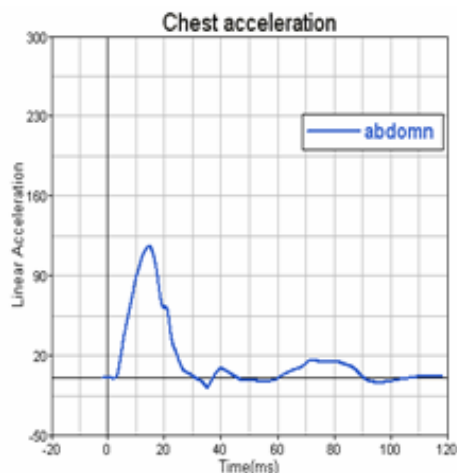


Figure 8. Chest Acc when block chest

图8. 撞击胸部胸部加速度

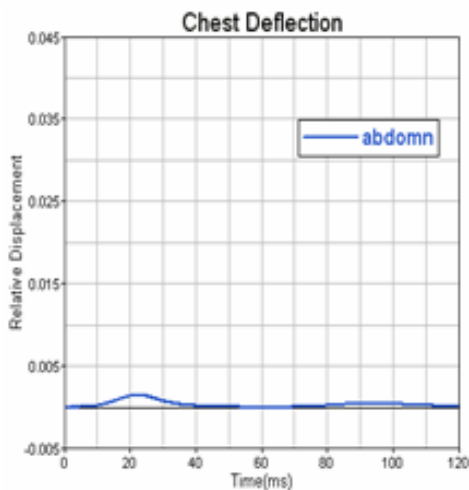


Figure 9. Chest deflection when block chest

图9. 撞击胸部胸部压缩量

2.4 撞击腹部位置

撞击腹部时，主要考虑腰带力对胸部伤害的影响，腹部受力之后，会将力传递至上部的胸部加速度传感器，故撞击对胸部加速度会有一定影响，但是此时对胸部位移量没有影响。

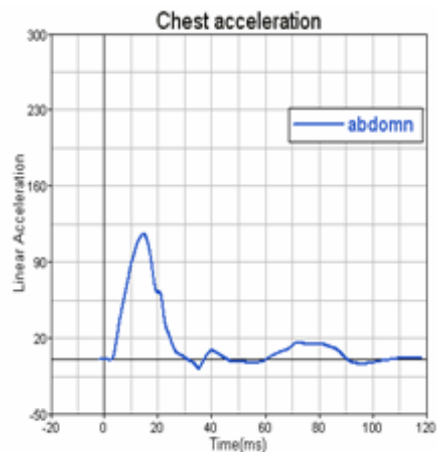


Figure 10. Chest Acc when block abdomen

图10. 撞击腹部胸部加速度

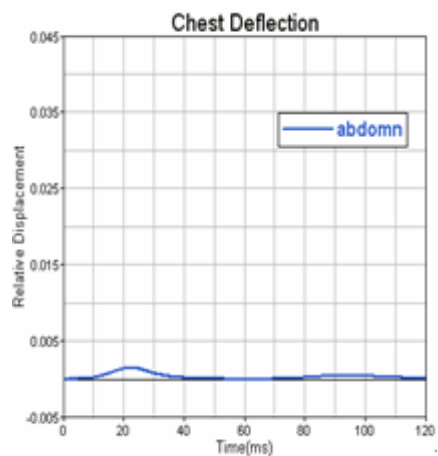


Figure 11. Chest deflection when block abdomen

图11. 撞击腹部胸部压缩量

综合以上，得到如表1所示：

Table 1. Chest injury compared

表1. 胸部伤害对比

工况	胸部加速度	胸部压缩量
撞击锁骨	20	-23
撞击肩膀	26	2.5
撞击胸部	29	-42.5
撞击腹部	12	2

假人几个部位受力的敏感度依次为：

胸部加速度：胸部 > 锁骨 > 肩部 > 腹部

胸部压缩量：胸部 > 锁骨 > 肩部=腹部

3 实例分析

在正面碰撞中理想的胸部运动过程分为三个阶

段：在碰撞开始的初期，安全带与假人之间有一定的松弛量，与假人之间没有作用力，假人仍以初速 V_0 向前运动直到 t_e ；当 $t=t_e$ 时，约束系统开始起作用，安全带与假人之间有一定的作用力，假人开始以一定的减速度开始减速，同时在这个过程中安全带载荷增加，假人胸部所受的力在增加，压缩量也在增加，直到胸部减速度增加到最大，假设此时时间为 t_2 ；当 $t_2 < t < t_3$ 假人胸部速度继续减小，直到速度为零，胸部位移量在该过程中达到最大。

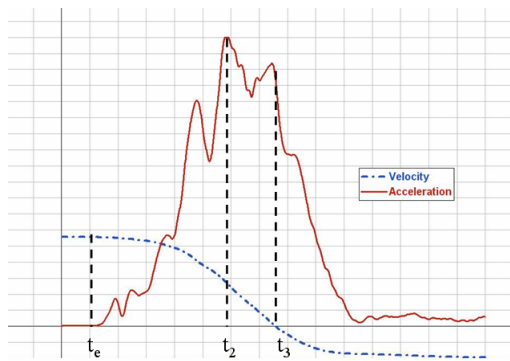


Figure 12. Chest movement
图12. 胸部运动图示

在这三个过程中，影响假人向前运动量的因素比较多，如碰撞波形、安全带、座椅、仪表板等零部件，其中碰撞波形是一个非常重要的因素，或者可以通过增加安全带预紧，或者采用双预紧的配置，将假人早早的束缚在座椅上，以减少假人的向前运动量。除此之外座椅及仪表板也是非常重要的量，在碰撞过程中，仪表板的强弱直接影响到假人向前的运动量，仪表板越弱假人向前运动量越大，此时气囊及安全带对假人胸部及锁骨的作用力就越大，由于锁骨受力对胸部伤害较敏感，故假人胸部的伤害也会增大，为了分析仪表板和座椅对假人胸部伤害的影响，对某车型进行了DOE分析，经过大量的计算之后发现，对该车型影响较大的几个应诉为：仪表板刚度、座椅刚度、坐垫与假人间的摩擦系数，在其他参数不变的情况下，考察这三个因素对胸部加速度及胸部位移量的影响，具体参数设置如表2所示。

Table 2. DOE
表2. DOE

Parameter	# Levels	Levels
Char_cnt_KBL	4	0.2 0.3 0.4 ...
Cush_fric_Y	3	0.5 0.6 0.7
Cush_Rot_Y	3	4.0 5.0 6.0

图13、图14为各个因素对胸部伤害值的影响趋势，从图中可以看出，仪表板对胸部加速度和胸部位移量的影响呈先降后升的趋势，即仪表板的刚度要适当的增大，当然也要考虑大腿的伤害，座椅的摩擦系数对假人胸部的伤害值的影响是递减的趋势，即摩擦系数越大，假人胸部伤害越小，二者主要都是通过减小假人向前的运动量来减小假人胸部伤害，因此要想降低假人胸部伤害，如何控制假人向前的运动量是关键。

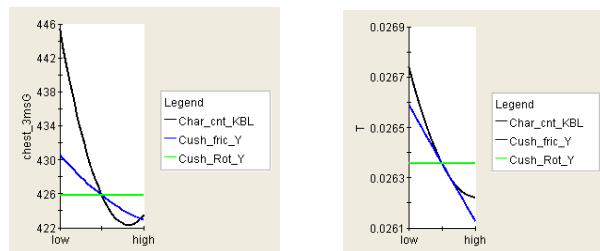


Figure 13. Parameters affect chest injury
图13. 胸部伤害影响因素

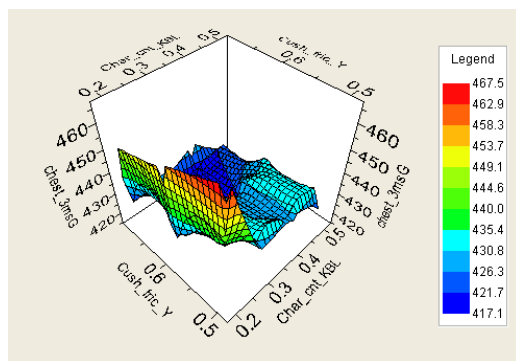


Figure 14. Seat, instrue panel affect on chest ACC
图14. 座椅、仪表板对胸部加速度的影响

胸部受力=安全带作用力+安全气囊作用力，在碰撞过程中有效的减小二者给胸部的合力是比较重要的，由于安全带通常采用限力式，故安全带的力可看做为一个常数，那么要想降低胸部的受力只能通过降低气囊对胸部的作用力。通过增加坐垫的摩擦系数和增加仪表板的刚度，可以有效的减少假人向前的运动量，以此来控制安全气囊给假人胸部及锁骨的力，从而降低胸部加速度和胸部压缩量。

4 结论

在碰撞过程中，由于受胸部加速度传感器的安装部位及假人本身结构的影响，胸部加速度主要受胸部以上部位的受力的影响较大，故在假人运动过程中，如何降低假人上半身的受力是关键；而胸部压缩量主

要受胸部和锁骨受力的影响较大，胸部受力主要来自安全带及安全气囊，锁骨的受力主要来自于安全气囊，故如何将二者均衡起来时比较重要的，在碰撞过程中，适当的减少假人向前的运动量会相应的减少假人胸部的伤害，所以除了安全带的束缚之外，座椅及仪表板的刚度是非常重要的，在假人大腿伤害能满足要求的情况下，适当提高仪表板的刚度是有必要的。

致 谢

在本文写作的过程中，感谢北京赛特达公司的高寒在isight软件方面给予我的支持，感谢部门领导对我的论文提出的宝贵意见，感谢同事在有限元方面给与我的帮助。

References（参考文献）

- [1] Happee, R.& Haaster, R.V. Optimization of vehicle passive safety for occupants with varying anthropometry Proceedings of the 16th International Technical Conference on the Enhanced

- Safety of Vehicles,1998
[2] TNO MADYMO Utilities Manual Release 7.1 2009
[3] Yang,J.;Mellander,H.;Loevsund,P.;Haland,Y.&Svanberg,H.A methodology using a combined injury criteria index to study the performance of various driver restraint system configurations Proceedings of the 17th International Technical Conference on the Enhanced Safety of vehicles,2001
[4] Hong,S.and Park,W.,Real-word Accident Study on Injury Characteristics of Elderly Driver in Car-to-Car Frontal Crashes. Transactions of KSAE,to be printed,2010
[5] FTSS Inc.User's manual for the 50th percentile male Hybrid III test dummy, April 2005
[6] Rieser A,Nubaumer C,et al.A development process for creating-finite element models of crash test dummies based on investigations of the hardware.The 21st International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles Conference,ESV 09-0368,2009
[7] David J.Segal .Side Impact Modeling Using Lumped Mass and CAL3D CVS simulations .SAE paper No.840859,1984
[8] Nripen Saha ,Stephen Calso , Djamal Midoum ,et al .Critical Comparisons of US and European Dynamic Side Impact .SAE Paper No.970128,1997
[9] Federal Motor Vehicle Safety Standard No.214:Side Impact protection.571.124,FMVSS,1990
[10] IHRA Side Impact Working Group Status Report ,GRPS , December,2002