

Study and Application on the Influence of Belt to Occupant Injury

SHANG Enyi

(Shanghai Eastlong Motor Airbag Co., LTD, Shanghai, 201201)

Abstract: Through the analysis of dummy motion in the impacting test and a great deal of test data, point to the belt is the main cause of the injury of the head, chest and neck besides of protecting the occupant by restriction action, and that has influence of injury of the legs too.

Keywords: Crash, Belt, Injury, influence

正面碰撞中安全带对乘员伤害的影响的研究

商恩义¹

(1.上海东方久乐汽车安全气囊有限公司, 上海 201201)

摘要: 通过对碰撞试验中的假人运动情况及大量试验结果的统计分析,指出了在碰撞中,安全带通过其约束作用对乘员起到了较好的保护作用之外,也是乘员头部、胸部和颈部产生伤害的主要原因,同时,对大腿的伤害也有着较大影响。

关键词: 碰撞, 安全带, 伤害, 影响

1 引言

安全带总成是用来保护车内乘员,限制乘员的突然移动,以防止或减轻在交通事故中或紧急制动时乘员所受伤害的一种束紧装置。它的保护原理是当碰撞事故发生时,安全带起作用,将乘员“束缚”在座椅上,使乘员的头部、胸部不至于向前撞到方向盘、仪表板及风挡玻璃上,以免免受车内二次碰撞的危险,同时使乘员不被抛离座椅。

对大量的交通事故分析表明:在不使用三点式安全带时,即使是低速碰撞(20km/h)也可能出现乘员死亡;而如果使用三点式安全带,在低于95km/h的速度碰撞时没有死亡事故发生。

但安全带在保护乘员的同时,对人体还存在着直接或间接的伤害。

2 正面碰撞中肩带对乘员头部和颈部伤害的影响

在实车正面高速碰撞过程中,当碰撞发生时,车体会变形、减速。对于乘员,在没有系安全带的情况下,将继续保持原有速度向前运动,直到与前方车内部件发生碰撞;在系安全带的情况下,当安全带对人体胸部和腰部起作用时,乘员的胸部和下肢开始减速。而乘员的头部,由于颈部具有柔性,则不会与胸部同步减速,因此,头部与胸部之间将会产生相对运动。对于颈部,头和胸部之间的相对运动将对颈部产生以剪切力 F_x 、张力 F_z 、伸张弯矩 M_y 为主的伤害;对于头部,头和胸部之间的相对运动也将导致头部产生减速度,即对头部造成伤害。另外,成人主体的颈部的性能基本相同,尤其在考查安全性的碰撞试验中所使用的假人相同,所以,头部和颈部的伤害可认为是随着安全带性能的改变而有所不同的,也就是说,头部和颈部的伤害与安全带肩带的作用力之间应存在着一种相对稳定的联系。

2.1 头部和颈部伤害间的关系^[1]

在汽车发生碰撞后,将头部在碰撞过程中产生减速度的力定义为 $F_{头}$,将头和颈相对运动产生的内力约束定义为 $F_{颈}$,将由安全气囊、方向盘、仪表板等对头部作用产生的力定义为 $F_{外}$,则在头部未与车内其它部件接触的情况下,在头部伤害和颈部伤害之间,有如下关系:

$$F_{头} = F_{颈} \quad (1)$$

在碰撞过程中,当头部与车内方向盘、仪表板等部件有接触的情况时,在头部伤害和颈部伤害之间,有如下关系:

$$F_{头} = F_{颈} + F_{外} \quad (2)$$

2.2 颈部伤害和安全带作用力间的关系

分析已知,安全带肩带作用力的大小与颈部约束间存在着必然联系,所以,用 $F_{肩带}$ 表示碰撞中肩带的拉力,分别用 $F_{颈x}$ 和 $F_{颈z}$ 表示颈部所受到的剪切力和张力,分别用 k_1 和 k_2 表示安全带肩带力与颈部所受剪切力和张力间的关系系数,分别用 a_x 和 a_z 表示碰撞中头部产生的X向和Z向减速度,则有

$$F_{颈x} = k_1 F_{肩带} \quad (3)$$

$$F_{颈z} = k_2 F_{肩带} \quad (4)$$

$$a_x = F_{颈x} / m_{头} \quad (5)$$

$$a_z = F_{\text{颈}z} / m_{\text{头}} \quad (6)$$

为了验证 k_1 和 k_2 的存在及其近似值的大小, 对大量的实车正面碰撞试验结果进行了分析, 分析过程如图 1 所示。

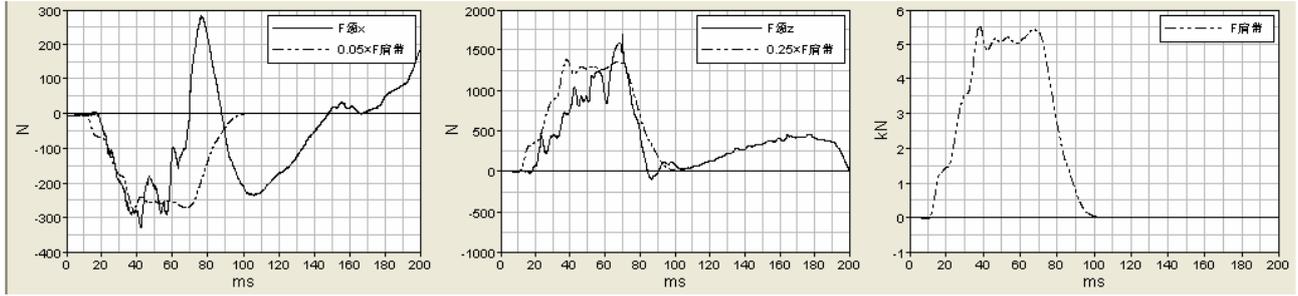


图 1 碰撞中颈部所受到的剪切力、张力和安全带肩带力间的关系

图 1 所示只是分析的一个案例, 通过对大量的试验结果的分析, 结果表明当只考虑假人与安全气囊、方向盘、仪表板等接触前的安全带肩带作用力与颈部约束之间的关系时, 最终得出如下近似关系:

$$k_1 = -0.05, \quad k_2 = 0.25$$

则有

$$F_{\text{颈}x} = -0.05 \times F_{\text{肩带}} \quad (7)$$

$$F_{\text{颈}z} = 0.25 \times F_{\text{肩带}} \quad (8)$$

公式 (5)、(6)、(7)、(8) 反映了头部伤害和颈部伤害与安全带作用力间的关系, 在安全带的选配分析中, $m_{\text{头}}$ 可取为 HYBRIDIII 型假人头部质量 2.54kg 进行计算。

3 正面碰撞中肩带对乘员胸部伤害的影响

在实车正面高速碰撞过程中, 人体胸部的受力过程变化很复杂, 它除了受到安全带的拉力外, 还会受到头部及下躯干所施加的约束, 以及安全气囊、方向盘等所施加的外力等, 最终导致胸部产生减速度及肋骨产生变形。另外, 对胸部来说, 其伤害主要来自 X 向, 因此说, 在胸部没有撞击到方向盘或安全气囊的情况下, 人体胸部所受到的伤害主要是由安全带肩带作用造成的。

3.1 胸位移和安全带肩带作用力间的关系^[1]

人体肋骨具有一定的弹性, 在碰撞过程中受到外力作用时会产生弹性变形, 因此, 在分析中设定其存在一近似常数的弹性系数 k_1 。对于安全带肩带, 由于乘员所佩戴位置基本相同, 在碰撞过程中对人体的作用应具有相同性, 因此, 在碰撞中安全带肩带产生的作用力, 如向人体胸部 X 向转换, 也应存在着一近似恒定的转换系数, 设定其为 k_2 。如果安全带肩带作用力用 $F_{\text{肩带}}$ 表示, 胸位移用 d 表示, 则有

$$k_2 F_{\text{肩带}} = k_1 d \quad (9)$$

令 $k = k_2 / k_1$, 则有

$$d = k F_{\text{肩带}} \quad (10)$$

为了验证 k 的存在及其近似值的大小, 对大量的实车正面碰撞试验结果进行了分析。图 2 是对分别使用限力式安全带和普通安全带的两次试验结果的分析过程。

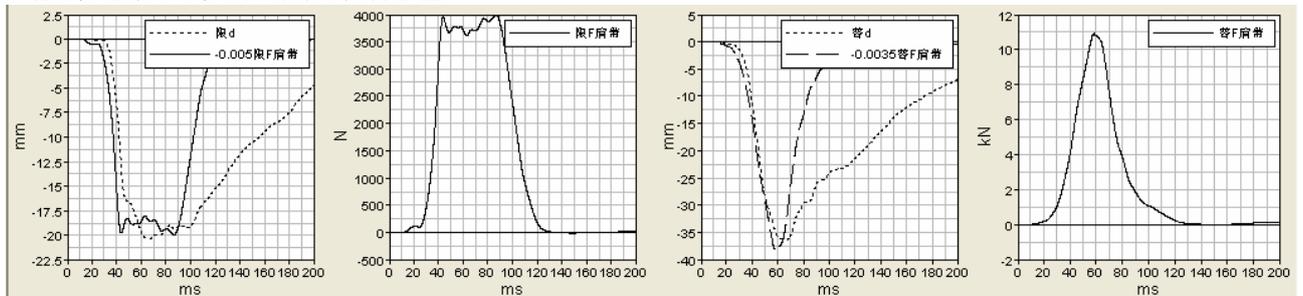


图 2 碰撞中胸位移和安全带肩带力间的关系

大量的数据分析表明, 对于限力安全带, 通常 $k = -0.005 \text{ mm} / \text{N}$; 对于普通安全带, 通常 $k = -0.0035 \text{ mm} / \text{N}$ 。k 值的存在表明公式 (10) 是成立的, 它基本上反映了胸部位移与安全带作用力间的关系。

3.2 胸部加速度和安全带肩带作用力间的关系

在星级评价的试验评分中，胸部 3ms 的合成加速度值也是一项重要考核项，而在胸部未与方向盘等车内部件接触之前，产生胸部加速度的主要原因是安全带肩带的作用。在通过对大量的试验数据统计分析后表明，在胸部未与车辆其它部件接触之前，所采集的安全带肩带拉力在数值上与安全带对假人胸部 X 向所产生的压力基本相等，所以，在对试验结果进行分析时，假人胸部 X 向所受压力可直接引用采集所得的安全带肩带拉力。

根据上述分析，将安全带肩带力定义为 $F_{带}$ ，作为胸部 X 向所受的合力，胸部 X 向加速度用 a_x 表示，胸部质量取 HYBRID III 型假人的胸部质量和颈部质量之和 ($17.19\text{kg}+1.54\text{kg}=18.73\text{kg}$)，用 $m_{胸}$ 表示，则在假人胸部与车辆部件接触前这一阶段有

$$a_x = F_{带} / m_{胸} \quad (11)$$

依据公式 (11)，对一次不带安全气囊的碰撞试验结果进行了处理，将驾驶员侧和乘员侧的处理结果分别列在图 3 中，图 3 中的曲线的吻合情况进一步证明了“在胸部未与车辆其它部件接触之前，所采集的安全带肩带拉力在数值上与安全带对假人胸部 X 向所产生的压力基本相等”这一提法。

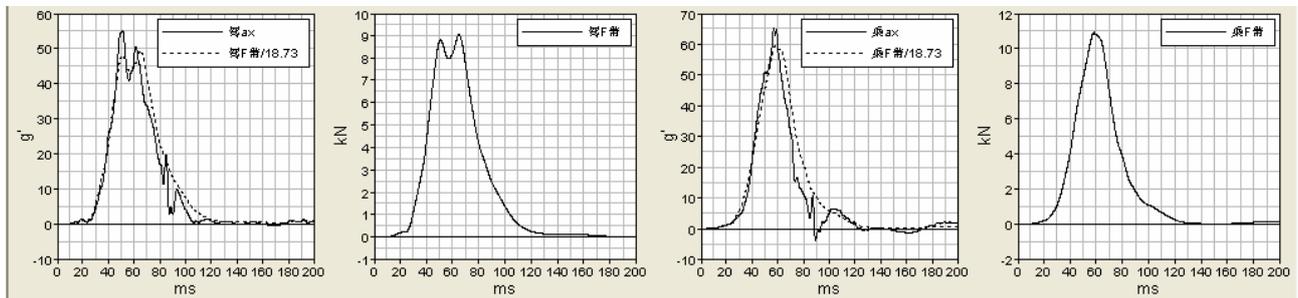


图 3 碰撞中胸部加速度和安全带肩带力间的关系

4 正面碰撞中腰带对乘员腿部伤害的影响

在碰撞试验的碰撞过程中，车内乘坐的假人通常会受到由车体减速造成的座椅施加的约束、安全带腰带的拉力，仪表板等对大腿施加的阻力，小腿对大腿施加的力等。对于假人骨盆而言，则主要有腰带施加的合力及大腿传递的大腿受到的力。

令腰带施加的合力为 $F_{带合}$ ，则有

$$F_{带合} = -1.3F_{腰带}^{[2]} \quad (12)$$

令假人骨盆受到的合力为 $F_{盆合}$ ，骨盆的加速度为 $a_{盆x}$ ，则有

$$F_{盆合} = m_{盆} a_{盆x} \quad (m_{盆}=23\text{kg}) \quad (13)$$

令假人左腿力为 $F_{左}$ ，右腿力为 $F_{右}$ ，则有

$$F_{盆合} = F_{带合} + F_{左} + F_{右}^{[2]} \quad (14)$$

综上，则有

$$a_{盆x} = (F_{左} + F_{右} - 1.3F_{腰带}) / m_{盆} \quad (15)$$

为了进一步验证公式 (15) 的正确性，对某次碰撞试验的驾驶员侧的假人骨盆的加速度及相关数据进行了处理，处理结果如图 4 所示。

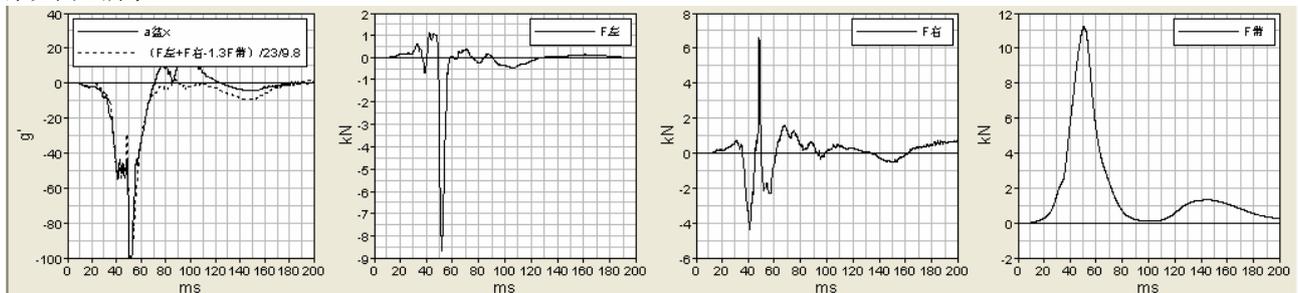


图 4 碰撞中骨盆加速度和安全带腰带力、大腿力间的关系

图 4 的结果表明公式 (15) 基本上是成立的。该公式反映出在骨盆减速过程中，安全带起着主导作用，若要减小大腿的受力，必须适当提高安全带的拉力，以提高骨盆的减速度及降低大腿的受力。

5 结论

文中通过对头部、胸部、颈部、大腿的伤害与安全带的影响的分析,指出了安全带是乘员头部、胸部和颈部产生伤害的主要原因,同时,对大腿的伤害也有着较大影响,并推导出了反映之间影响关系的近似公式(5)、(6)、(7)、(8)、(10)、(11)、(15)。在安全带的选配及优化过程中,技术人员可根据人体相对车体的空间位置及安全带与头部、胸部等之间的关系式,初步确定安全带的类型或提出改进方案。

参考文献

- [1] 商恩义.正面碰撞试验中假人头及胸受力的分析方法的研究与应用[C].2009 中国汽车安全技术国际研讨会 武汉 2009.8
- [2] 商恩义.车体“刚度”在正面碰撞试验中的影响及台车试验中的应用研究[C].2009 中国汽车安全技术国际研讨会 武汉 2009.8