

Research on The Method of Optimizing Brackets in IP Based on Chinese Rule GB11552-2009

Liao Gaojian, Chen Xianqing, Dian Bo, Shao Jinhua

1.State Key Laboratory of Vehicle NVH and Safety Technology

2.Changan Auto Global R&D Centre of Changan Automobile Co Ltd

Abstract

This paper is based on a certain car which satisfies with boundaries of Chinese rule the interior fitting of passenger car (GB11552-2009), under small distortion theory, computing the main parameters of brackets absorb energy. According to the computing result optimizes the structure of brackets. Through numerical simulation, which availably reduces the 3ms acceleration.

Key words: Head Impact, 3ms Acc, Bracket

基于内凸头碰工况 IP 内部支架结构优化研究

廖高健, 陈贤青, 奠波, 邵金华

1. 汽车噪声振动和安全技术国家重点实验室

2. 重庆长安汽车公司汽车工程研究总院

摘要:本文基于长安某款车型, 在符合内凸法规 GB11552-2009 对头碰区域试验工况要求的条件下, 通过把 IP 内部支架简化成力学模型, 理论计算了在小变形范围内, 影响支架吸能的关键参数, 根据理论计算, 指导优化了支架的结构形式, 并且通过有限元数值分析, 验证了优化后的支架结构形式能有效地降低头碰 3ms 加速度值。

关键词:头碰, 3ms 加速度, 支架

1 引言

“十五”以来, 我国汽车工业持续发展, 中国已经成为世界上主要的生产和消费大国, 与此同时车辆的交通事故也越来越多, 从而导致车内乘员受到伤害。为了加强乘员的保护, 欧美日等发达国家早在 20 世纪七十年代就对汽车内部凸出物实施了强制性技术法规, 我国也于 2009 年 1 月 1 日强制实施 GB11552-2009<<乘用车内部凸出物>>技术标准, 其目的就是为促进我国汽车生产厂家优化和改进汽车仪表板及其安装部件设计, 以减轻交通事故中乘员受到的伤害^[1]。

IP 仪表板内部支架一般为金属支架, 在头碰冲击过程中, 往往因为其刚度较大, 引起 3ms 加速度值偏大。又由于支架本身作为一个支撑部件, 刚度不能太弱, 因此在头碰冲击分析中, 对支架本身刚度的弱化, 提升的空间不大, 从而给支架的优化带来一定的困扰。在头碰冲击试验中, 根据 GB11552-2009 内凸法规边界条件可知, 头碰冲击的总能量小于等 152.4J, 引起支架的变形基本为小变形。因此根据理论计算得出支架的最优结构形式, 并通过数值模拟验证, 为设计提供理论指导。

2 支架吸收内能理论计算

支架在头碰冲击试验中, 可以简化成如图 1 所示的力学模型, 理论计算出支架吸能关键参数。其中, $f(t)$ 为 t 时刻, 头碰冲击作用在支架均布力, 进一步简化, 假定 $f(t)$ 的合力为 $F(t)$ 作用在 OA 的中点 D。相关参数的含义如下:

l_1 -OA 段的长度, l_2 -OB 段的长度; E -杨氏模量, I -截面惯性矩; α - $f(t)$ 与 OA 垂直方向的夹角, β -OA 与 OB 的夹角。

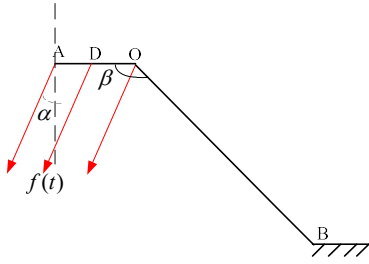


图1 支架力学模型

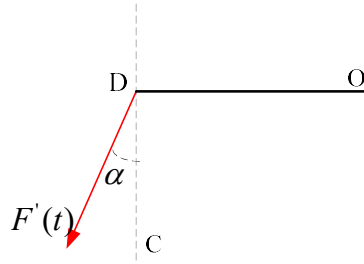


图2 OD段D点内力分析

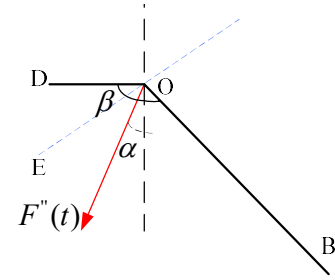


图3 OB段O点的内力分析

OA 段的受力分析, 设 $f(t)$ 的合力为 $F(t)$ 作用在 OA 的中点 D, 则 OD 的内力分析见图 2, 因此 OD 段 D 点在其垂直方向 0-t 时间段的位移为:

$$\delta_1 = \int_0^t F'_{(t)} \cos(\alpha) dt * \frac{l_1^3}{24EI} \quad (1)$$

根据受力平衡可知, $F'(t) = F(t)$, 故吸收的内能为:

$$\omega_1 = \left[\int_0^t F_{(t)} \cos(\alpha) dt \right]^2 * \frac{l_1^3}{24EI} \quad (2)$$

OB 段在 O 点的内力分析见图 3, OE 为垂直 OB 的方向, OE 与 $F''(t)$ 的夹角为 $180 - (\alpha + \beta)$, 因此 OB 段在 O 点, 沿 OB 的垂直方向 OE 在 0-t 时间段的位移为:

$$\delta_2 = \int_0^t F''_{(t)} \cos[180 - (\alpha + \beta)] dt * \frac{l_2^3}{3EI} \quad (3)$$

根据受力平衡可知, $F''(t) = F(t)$, 又因为 OB 段与 OD 段为刚性连接, 因此 D 点在 OE 方向的位移也为 δ_2 , 故其吸收的内能为:

$$\omega_2 = \left\{ \int_0^t F_{(t)} \cos[180 - (\alpha + \beta)] dt \right\}^2 * \frac{l_2^3}{3EI} \quad (4)$$

整个支架 AOB 吸收的内能为: $\omega = \omega_1 + \omega_2$, 因为 l_2 远远大于 l_1 , 因此支架 AOB 吸收的内能主要为 ω_2 , 由于 $F(t)$ 是一定的, 若要支架吸收能力最大, 需求 $\text{Max}\{\cos[180 - (\alpha + \beta)]\}^2$ 的值。因此当 $\alpha + \beta = 180$, $\cos[180 - (\alpha + \beta)] = 1$, ω_2 最大。所以, 在小变形范围内, 设计支架(受压)的吸能时, 因尽量让 $\alpha + \beta$ 角度接近 180 度。

3 内凸头碰冲击支架的优化

3.1 工况介绍

A 点为座椅 R 点坐标值, 见下图 4, 首先确定摆臂 OA 在空间的位置, 即与 XY、XZ 平面的夹角, 因此头型模型的空间位置也确定了。试验中, 实际测量时头型运动方向与摆臂 OA 垂直, 速度 $V = 24.1 \text{ km/h}$, 试验时头型运动方向为与撞击相切直线的垂直方向, $V' = V * \cos \varphi$ 。

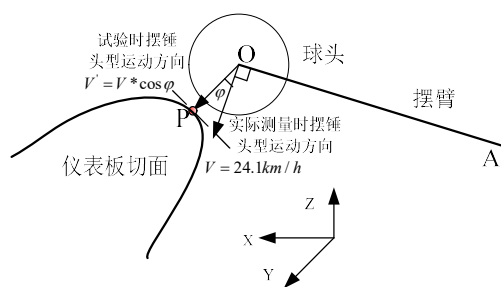


图4 球头冲击工况介绍

3.2 有限元分析优化

如图5所示，建立了头碰冲击有限元模型，球头冲击点位于出风口下端，内部存在DVD支架，球头冲击的方向按照2.1工况介绍确定，初速度 $V' = 21.4 \text{ km/h}$ 。有限元Base模型材料见下表1，Case模型与Base模型材料及厚度一致，只是DVD支架在Base模型基础上进行了结构的优化见图6。

表1 材料牌号

材料类型	材料牌号
塑料材料	PP_EPDM
塑料材料	PP_TD20
金属材料	DC01

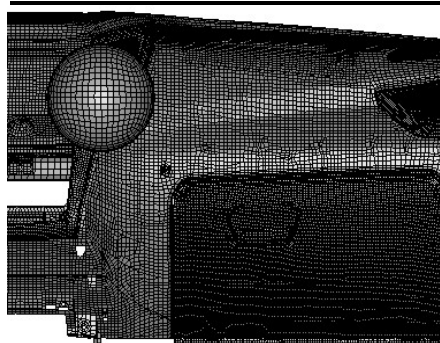


图5 头碰冲击局部有限元模型

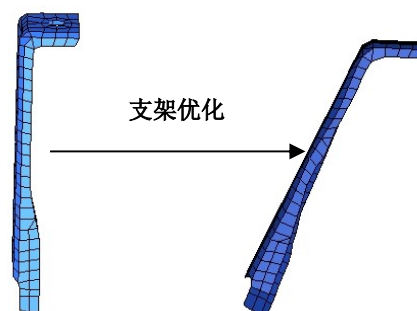


图6 支架优化

Base 及 Case 模型 DVD 支架及周围布置与头碰模型关系见图7。

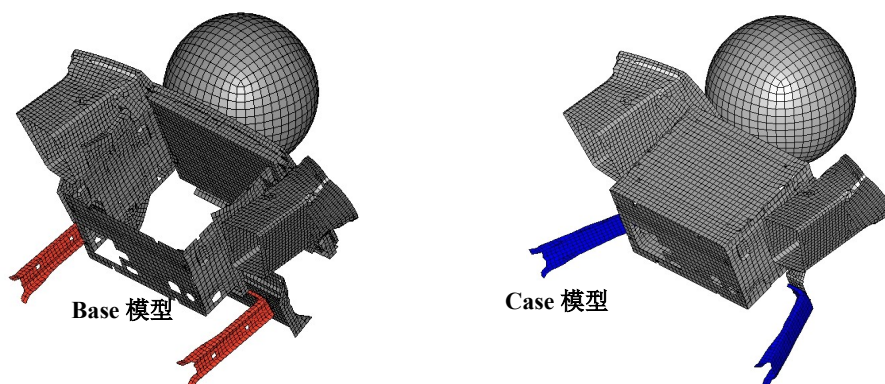


图7 DVD 支架及周围关键件与头碰位置

假设 DVD 支架的受力方向为头碰冲击的方向,根据图 1 支架的简化力学模型,可以得到 Base 及 Case 模型 α , β 角。再根据公式 (4), 可以计算出 $\{\cos[180-(\alpha+\beta)]\}^2$ 见表 2, 它越大, 越有利与支架的吸能, 从而降低头碰 3ms 加速度值。

表 2 DVD 支架各参数值

工况 数值	Base 模型	Case 模型
α (度)	57.5	57.5
β (度)	90.0	114.2
$\{\cos[180-(\alpha+\beta)]\}^2$	0.71	0.98

Base 模型及 Case 模型计算得到的 3ms 加速度值见图 8、9, Base 模型 3ms 加速度为 70.1g, 优化支架后 Case 模型 3ms 加速度为 67.30g, 因此优化支架后 3ms 加速度值降低了 2.85g。

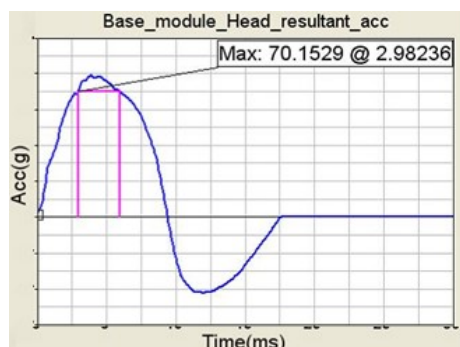


图 8 Base 模型 3ms 加速度值

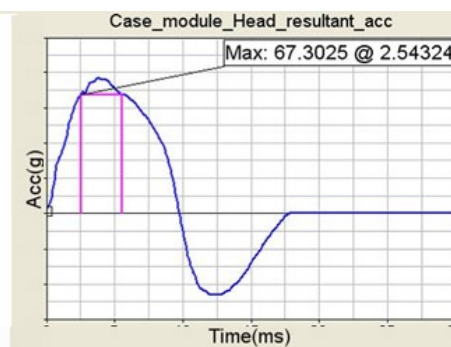


图 9 Case 模型 3ms 加速度值

4 结论

本文通过理论计算, 得到在小变形范围内, 支架吸收的内能与支架本身夹角及受力方向的关系, 从而通过数值分析优化支架结构形式, 在不弱化支架厚度的前提下, 优化后的的支架结构形式在本文的工况中, 3 ms 加速度值降低了 2.85g。因此可以得出, 这种优化支架的方法, 能够有效地降低内凸法规头碰工况中 3ms 加速度值, 同时也保证了支架的强度, 为 IP 内部支架的设计与布置满足内凸法规, 提高对乘员的保护提供了一种有效的理论方法。

参考文献

- [1] 张明君, 张德明, 黄传义. 轿车内部凸出物试验方法. 汽车工程师, 2010 年, 3 期: 42-46.
- [2] 《乘用车内部凸出物》(GB11552-2009)