

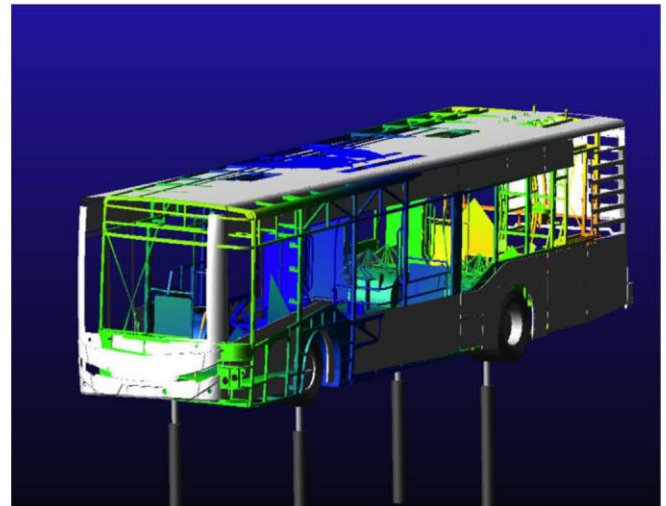
案例分析：阿纳多卢五十铃

Adams 有助于缩短疲劳试验的时间并降低成本

根据对阿纳多卢五十铃研发工程师/车辆动力学工程师 Emre SERT、阿纳多卢五十铃高级研发工程师/试验工程师 Serta Dileroglu 的采访整理

概述

阿纳多卢五十铃的新款 Citiport 巴士车长 12 米，装备有 ZF 6 速全自动变速箱和 6 缸共轨式涡轮增压 Cummins 柴油发动机，在 2100 rpm 的转速下可产生 283 马力。巴士可容纳 103 人。轮椅坡道和车身降低系统便于残障乘客上下车。巴士采用独立的空气悬架，该悬架由电驱动或者发动机驱动的气泵或压缩机来提供动力。压缩机将空气送到织物增强橡胶制成的伸缩波纹管。气压将底盘降低和举升。巴士前部有两个空气悬架，后部有四个。



Citiport 巴士的 Adams/Car 模型

“我们之所以选择 Adams/Car 软件进行静态和动态试验仿真，是出于其高水准的计算能力和细致入微的动画功能。”

阿纳多卢五十铃研发工程师 Emre Sert

挑战

阿纳多卢五十铃的工程师们面临的挑战是对悬架进行优化设计，以便改进巴士的舒适性、操控性和安全性，同时确保悬架、底盘及车身零部件的疲劳性能。过去设计悬架时，需要组装样机，并且样机要完成单移线试验等标准试验。通过安装仪表的车辆来采集道路荷载数据，然后将这些数据作为四柱试验台上加速试验的输入值来评估单个零部件，从而对零部件的耐用性进行评估。四柱试验台由四个液压执行机构组成，每个执行机构连接在车辆的一个车轮上。通过执行机构的移动来仿真道路施加在车轮上的加速度。这种传统方法带来的问题是，组装样机并进行实物试验不仅极其耗时且成本高昂。

管理层要求工程团队建立一个仿真模型，既能从舒适性和操控角度来准确预测各种设计方案的性能，又能评估零部件的疲劳寿命。

解决方案

阿纳多卢五十铃研发工程师 Emre Sert 说：“我们之所以选择 Adams/Car 软件进行静态和动态试验仿真，是出于其高水准的计算能力和细致入微的动画功能。”阿纳多卢五十铃的工程师们从巴士的计算机辅助设计（CAD）模型入手。采用橡胶衬套、缓冲块/止挡、稳定杆、减震器、板簧及其他元件对悬架系统进行建模。连接点取自 CAD 模型。

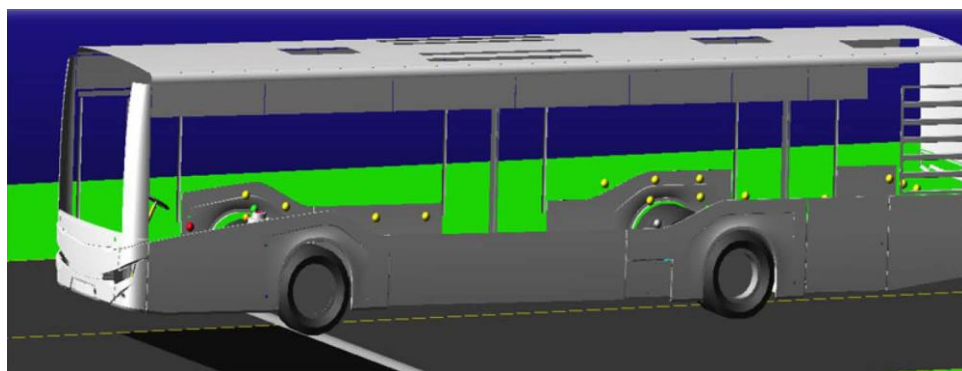
主要亮点：

产品： Adams

行业： 汽车

优势：

- 经过仿真优化后的悬架设计参数将倾翻风险降低了 8.37%。
- 仿真还缩短了新产品上市所需的时间，为产品获得成功立下了汗马功劳。
- 仿真模型的预测结果与实际测量结果非常吻合。



过减速带 Adams/Car 仿真



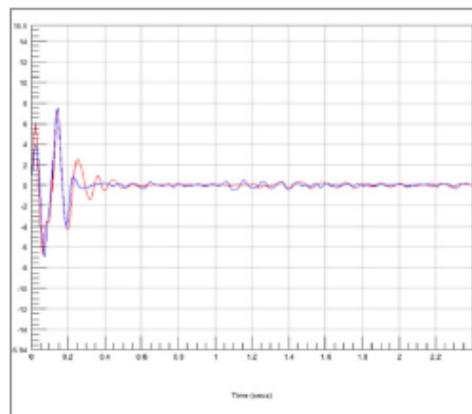
实测过减速带试验

从供应商提供的试验结果中提取非线性参数，例如减振器的减振特征、弹簧的刚度和阻尼、衬套的扭转特性，并将其作为 Adams/Car 模型的输入。Adams/Car 轮胎模型中的 Pacejka 魔术公式参数，由轮胎供应商提供。转向系统模型包含 2 个齿轮支座。其他系统模型还包括：发动机、制动器、底盘及车身，这些都是基于几何形状和非线性特性。对虚拟车辆的惯性（包括重心、质量及惯量）进行定义，和真实的车辆一致。

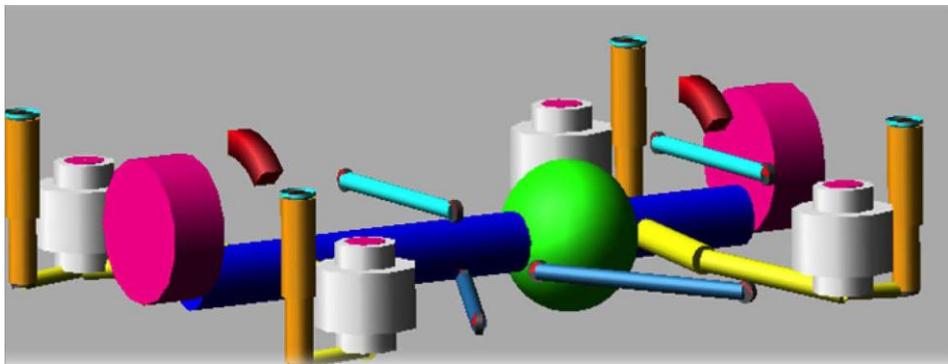
采用 Adams/Car 仿真工况包括：颠簸驾驶和双移线。早期车辆样机也进行相同的试验，要准确的表达试验的性能，需要测量轮毂处的垂向加速和位移。



Citiport 巴士



过减速带工况，仿真与实际加速度对比



后部悬架的 Adams/Car 模型

然后将这些试验结果与仿真模型的预测结果进行对比。结果显示：仿真模型的预测结果与实际测量结果非常吻合。

Sert 说：“在对模型进行了验证之后，我们开始用它来改进初始悬架的性能。”阿纳多卢五十铃的工程师们采用 Adams/Insight 创建了一个设计实验，该实验旨在研究悬架设计参数对关键性能变量（例如车辆倾翻风险、操控性和乘坐舒适度）的影响。在研究倾翻风险时，采用五个悬架几何形状变量作为影响因素，并将悬架侧倾刚度和侧倾中心高度作为响应（这两个因素决定车辆的倾翻特性）。Adams/Insight 自动运行整个设计空间所需的所有仿真试验，并记录各个计算结果，以实现工程师们所定义的最佳性能。

阿纳多卢五十铃高级研发工程师 Serta Dileroglu 说：“我们还使用这一模型预测零部件疲劳寿命，如同通过四柱试验测量的那样。”工程师们建立了一个四柱试验台仿真模型，并将垂向加速度施加在巴士模型上。该模型可计算出单个零部件上位移的时域结果。将位移结果作为 nCode DesignLife 软件的疲劳分析输入，就可以预测零部件的疲劳寿命。

结果/收益

在仿真结果的帮助下，阿纳多卢五十铃的工程师们显著改进了初步设计阶段的特性。

例如，经过仿真优化后的悬架设计参数将倾翻风险降低了 8.37%。疲劳寿命预测凸显出多个车身零部件的应力过高。对这些零部件进行了重新设计，以满足设计规范。Sert 表示：“由于所需的实物样机数量和实物试验数据减少，因此采用仿真可降低产品开发流程的成本。仿真还可以缩短新产品上市所需的时间。我们一年前推出的产品如今已在出口市场大获成功。”

关于阿纳多卢五十铃

阿纳多卢五十铃是欧洲领先的中型巴士及长途汽车制造公司之一，主要股东为来自土耳其的阿纳多卢集团以及日本的五十铃汽车有限公司、伊藤忠商事株式会社。公司生产并分销轻型货车和中型巴士。公司成立于 1984 年，生产的车辆超过 150,000 辆。阿纳多卢五十铃的车辆出口到三大洲的 26 个国家。自 2004 年以来，公司已成为土耳其中型巴士出口的领军者。

有关 Adams 及其他案例分析的更多信息，请访问 www.mscsoftware.com/adams