



Durability FFlex Mesher 悬架教程

Durability Contour

Contour Option: Safety Factor

Band Option: Legend Type (Display), Location (Bottom), Show Text Legend, Band Level(10-50) (10)

Min/Max Option: Display, Calculation (Min: 108.12, Max: 562.38), Show Min/Max, Enable Log Scale

Style Option: Color Option (Spectrum), Style (Smooth), Text Color (Yellow), Mesh Lines

User-Defined

No	Cycle to Failure	Stress Amplitude
1	1	835
2	10	630
3	100	470
4	1000	360
5	10000	270
6	100000	200
7	1000000	150
8	10000000	120
9	100000000	90

Criterion: Linear, 317.2 (Pa), 565.4 (Pa), 917. (Pa)

Copyright © 2017 FunctionBay, Inc. All rights reserved

User and training documentation from FunctionBay, Inc. is subjected to the copyright laws of the Republic of Korea and other countries and is provided under a license agreement that restricts copying, disclosure, and use of such documentation. FunctionBay, Inc. hereby grants to the licensed user the right to make copies in printed form of this documentation if provided on software media, but only for internal/personal use and in accordance with the license agreement under which the applicable software is licensed. Any copy made shall include the FunctionBay, Inc. copyright notice and any other proprietary notice provided by FunctionBay, Inc. This documentation may not be disclosed, transferred, modified, or reduced to any form, including electronic media, or transmitted or made publicly available by any means without the prior written consent of FunctionBay, Inc. and no authorization is granted to make copies for such purpose.

Information described herein is furnished for general information only, is subjected to change without notice, and should not be construed as a warranty or commitment by FunctionBay, Inc. FunctionBay, Inc. assumes no responsibility or liability for any errors or inaccuracies that may appear in this document.

The software described in this document is provided under written license agreement, contains valuable trade secrets and proprietary information, and is protected by the copyright laws of the Republic of Korea and other countries. UNAUTHORIZED USE OF SOFTWARE OR ITS DOCUMENTATION CAN RESULT IN CIVIL DAMAGES AND CRIMINAL PROSECUTION.

Registered Trademarks of FunctionBay, Inc. or Subsidiary

RecurDyn[™] is a registered trademark of FunctionBay, Inc.

RecurDyn[™]/SOLVER, *RecurDyn*[™]/MODELER, *RecurDyn*[™]/PROCESSNET, *RecurDyn*[™]/AUTODESIGN, *RecurDyn*[™]/COLINK, *RecurDyn*[™]/DURABILITY, *RecurDyn*[™]/FFLEX, *RecurDyn*[™]/RFLEX, *RecurDyn*[™]/RFLEXGEN, *RecurDyn*[™]/LINEAR, *RecurDyn*[™]/EHD(Styer), *RecurDyn*[™]/ECFD_EHD, *RecurDyn*[™]/CONTROL, *RecurDyn*[™]/MESHINTERFACE, *RecurDyn*[™]/PARTICLES, *RecurDyn*[™]/PARTICLEWORKS, *RecurDyn*[™]/ETEMPLATE, *RecurDyn*[™]/BEARING, *RecurDyn*[™]/SPRING, *RecurDyn*[™]/TIRE, *RecurDyn*[™]/TRACK_HM, *RecurDyn*[™]/TRACK_LM, *RecurDyn*[™]/CHAIN, *RecurDyn*[™]/MIT2D, *RecurDyn*[™]/MIT3D, *RecurDyn*[™]/BELT, *RecurDyn*[™]/R2R2D, *RecurDyn*[™]/HAT, *RecurDyn*[™]/曲柄, *RecurDyn*[™]/PISTON, *RecurDyn*[™]/VALVE, *RecurDyn*[™]/TIMINGCHAIN, *RecurDyn*[™]/ENGINE, *RecurDyn*[™]/GEAR are trademarks of FunctionBay, Inc.

Third-Party Trademarks

Windows and Windows NT are registered trademarks of Microsoft Corporation.

ProENGINEER and ProMECHANICA are registered trademarks of PTC Corp. Unigraphics and I-DEAS are registered trademark of UGS Corp. SolidWorks is a registered trademark of SolidWorks Corp. AutoCAD is a registered trademark of Autodesk, Inc.

CADAM and CATIA are registered trademark of Dassault Systems. FLEX/m is a registered trademark of GLOBEtrouter Software, Inc. All other brand or product names are trademarks or registered trademarks of their respective holders.

Edition Note

These documents describe the release information of *RecurDyn*[™] V9R1.

目录

简介.....	6
任务目标.....	6
要求.....	7
任务.....	7
预计完成本教程时间.....	7
调用初始模型.....	8
任务目标.....	8
完成本任务预计需要的时间.....	8
调用一个Rdyn模型.....	9
用悬架模型运行一次初始仿真.....	10
查看结果.....	10
创建一个FFlex部件.....	11
任务目标.....	11
完成本任务预计需要的时间.....	11
创建一个UCA网格体.....	12
创建一个LCA部件网格.....	17
进行耐久性分析.....	22
任务目标.....	22
预计完成本任务所需要的时间.....	22
对UCA_FE部件进行一个耐久性分析.....	23
对LCA_FE部件进行耐久性分析.....	32
分析并查看结果.....	37
任务目标.....	37

预计完成本任务需要的时间	37
分析耐久性结果	38

Chapter

1

简介

疲劳和耐久性分析，主要用来检测在 **RecurDyn** 中建立的柔性体或柔性体的特殊区域，在各种动态负载下能够保持多长时间的稳定，从而可以确定部件寿命。这些分析与其它如测定极限应力和极限变形率的分析的一个区别就在于其对时间的关注。

本教程会介绍如何用 **RecurDyn/Durability**，来预测一个由柔性体组成的动力学系统的疲劳寿命和疲劳损伤。本教程还将简单的介绍 **RecurDyn/Durability** 中使用的功能和理论背景。因此，没有耐久性分析理论知识背景的用户也可以在完成本教程后使用 **RecurDyn/Durability**。

本教程采用 **MBD** 模型，用于实验目的的简化系统。遵循本教程的步骤，可以学会如何使用 **RecurDyn/Mesher** 替换模型柔性体的某些部分，并验证这些柔性体的属性和耐久性结果。在本教程的最后，学习如何生成模型某个特定区域的耐久性结果。

任务目标

本教程包含了以下内容：

- 使用 **RecurDynMesher**，创建柔性体
- 耐久性分析的要求
- 进行耐久性分析的方法
- 获得耐久性仿真结果
- 分析耐久性仿真结果

要求

本教程适用于已经阅读并理解 **RecurDyn** 的基础教程以及 **FFlex** 和 **RFlex** 教程的中级用户。如果还没有完成这些教程，建议在继续本教程之前完成这些教程。另外，用户必须具备一些基本的动力学和有限元知识。

任务

本教程包含的任务，预计完成每个步骤的时间如下表所示。

任务	时间（分钟）
调用一个 Rdyn 模型	10
用 Mesher 创建一个 FFlex 部件	15
替换一个 RFlex 部件	20
创建一个片集来验证疲劳结果	5
设置疲劳参数	5
进行疲劳评估	5
证实疲劳结果	5
总计	65



预计完成本教程时间

本教程大约需要 65 分钟来完成。

Chapter

2

调用初始模型

任务目标

本章学习如何打开一个初始模型，仿真并观察悬架模型的动力学行为。



完成本任务预计需要的时间

10 分钟

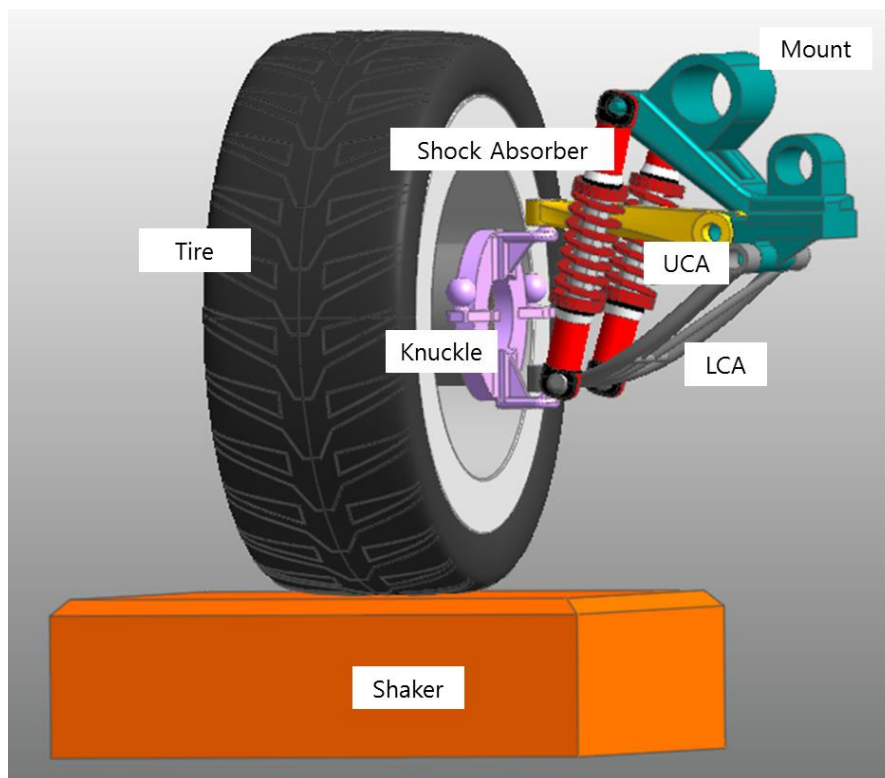
调用一个 Rdyn 模型

打开 RecurDyn，并调用初始模型：



1. 双击桌面上的 RecurDyn 图标。
2. Start RecurDyn 对话框出现时，将其关闭。
3. 在 File 菜单中，点击 Open。
4. 在 Durability 教程路径中，选择 RD_Durability_Start.rdyn 文件。(文件路径：<Install Dir> \Help\Tutorial\Durability \ FFlexMesherSuspension)。
5. 点击 Open。

模型会打开，如下图所示。



此模型用于检测悬架系统中各部件的耐久性。悬架系统会吸收路面的振动，防止其传递到车辆或乘客上。在此模型中，轮胎置于振动器上，这样所有振动都会直接从振动器传递到轮胎和悬架系统上。

此模型中的悬架系统包含一个轮胎和三个子系统。三个子系统包含了两个带有内置线圈弹簧的减震器和一个悬架总成。悬架总成包含一个固定支座，一个转向节臂，一个LCA（下连接臂）和一个UCA（上连接臂）。本教程研究LCA和UCA的耐久性。

保存初始模型:

1. 在 **File** 菜单中, 点击 **Save As**。

(将此模型保存在不同的路径中, 因为不能直接在教程路径中仿真。)

用悬架模型运行一次初始仿真

在本任务中, 将在此模型上运行一个初始仿真, 并理解它是如何运转的。

运行初始仿真:



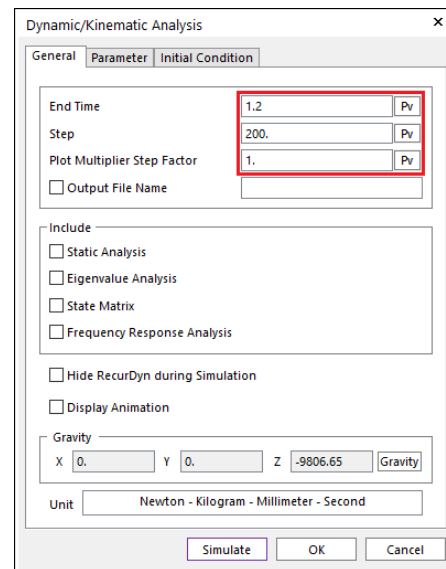
1. 在 **Analysis** 标签的 **Simulation Type** 组中, 点击 **Dyn/Kin**。

弹出动态/动力学分析对话框。

2. 定义结束时间和步值, 如下所示:

- **End Time:** 1.2
- **Step:** 200
- **Plot Multiplier Step Factor:** 1

3. 点击 **Simulate**。



查看结果

查看结果:



- 在 **Analysis** 标签的 **Animation Control** 组中, 点击 **Play/Pause**。

振动通过振动器传递到轮胎上, 动画显示了车辆在行驶过程中可能会导致的所有振动或地面振动。这时, 可以观察特定装置的行为, 包括减震器。

Chapter

3

创建一个 FFlex 部件

本章学习如何在一个柔性体上进行耐久性分析。本步骤保留了前一个模型的某些元素，例如运动副和力，但是将某些刚体部件替换为了柔性体，来提高此模型的效率。

任务目标

本任务学习如何用 **RecurDyn FFlex (Full Flex)** 的 **Mesher** 将现有的刚体替换为一个柔性体。

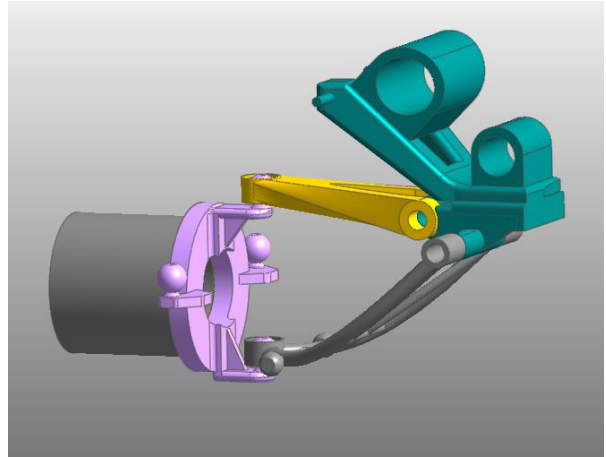
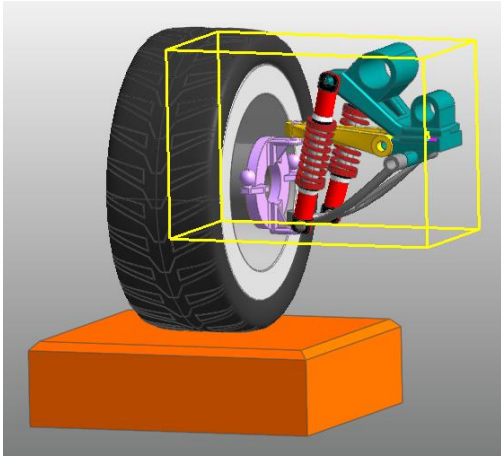


完成本任务预计需要的时间

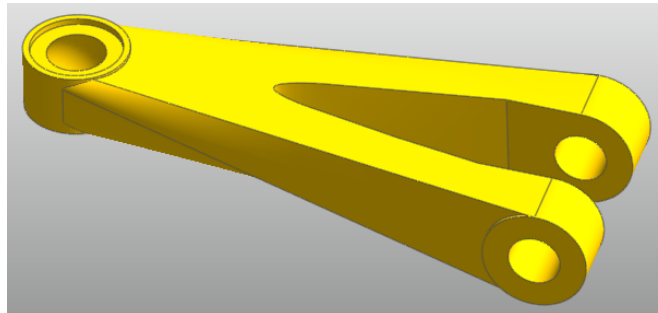
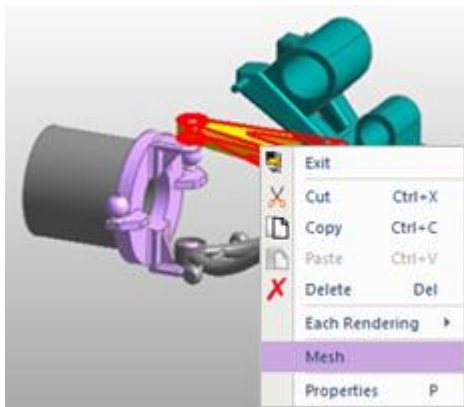
15 分钟

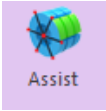
创建一个UCA网格体

1. 在总成模式下，双击子系统 **Suspension_Assy**，进入子系统模式。



2. 在子系统模式中，选择 **UCA** 部件，并右击所选部件，在菜单中选择 **Mesh**，UCA 部件会弹出，如下图所示。





- 在 **Mesh** 模式下，点击 **Mesher** 标签下 **Mesher** 组的 **Assist**。

辅助建模对话框会弹出。

小贴士：用户选择目标部件后，**Preserve Constraint** 中的图形会自动应用于辅助建模对话框。然而，我们推荐用户继续遵循下面的步骤来生成精确的结果，尤其在本教程中。

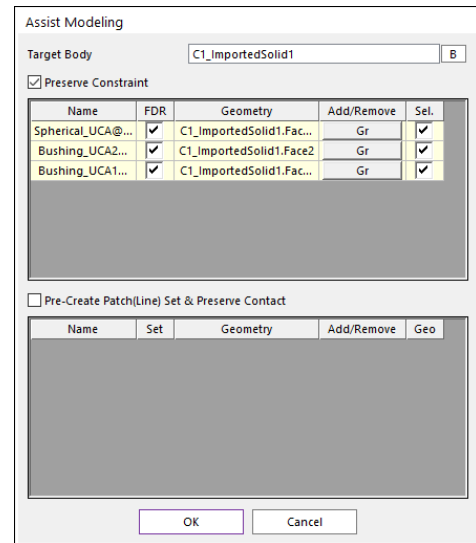
- 在辅助建模对话框中，点击 **B** 按钮，将 **UCA** 图形选为目标部件。

这时，因为 **UCA** 的刚体部件名为 **C1_ImportedSolid1**，目标部件名称为 **C1_ImportedSolid1**。

- 勾选 **Preserve Constraint** 对话框。

与此部件连接的项目，如运动副和力会出现，如右图所示。

- 勾选 **FDR** 和 **Sel** 栏中的所有对话框。

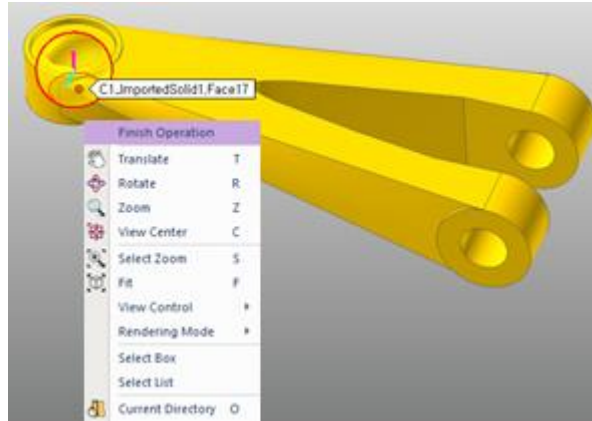


FDR 对话框明确了是否要在 **Mesh** 运作后创建一个 **FDR** (力分布刚性)单元。**Sel** 对话框明确了是否要维持之前创建的运动副和力。在本教程中，这些功能都是必要的。全部勾选这些对话框。

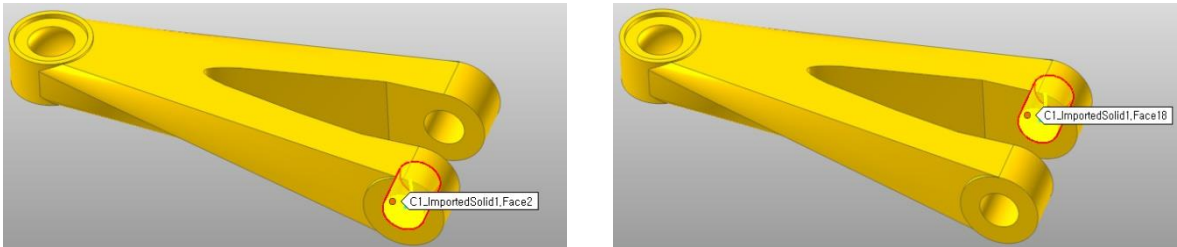
- 在对话框口的 **Add/Remove** 栏中，点击 **Gr** 将图形分配给将创建从属节点的区域。根据下页所述，为三个 **FDR** 选择将创建 **Slave Nodes** 的区域。(小贴士：点击 **Gr** 按钮后，屏幕上会出现一个标记，指示将生成主节点的位置。这会帮助用户确定分配从属节点的位置。)

小贴士：因为 **FDR** 的属性，主节点会在运动副和力创建的地方自动生成。用户必须直接定义从属节点。

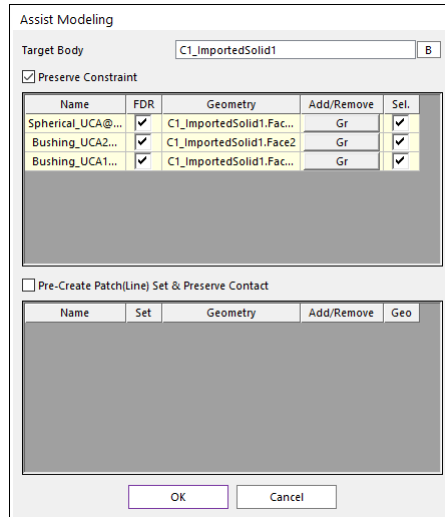
- 所有图形都分配完毕后，右键点击模型，并点击 **Finish Operation**。



9. 对于另外两个区域，选择 **Slave Nodes** 会生成的表面，如下图所示。

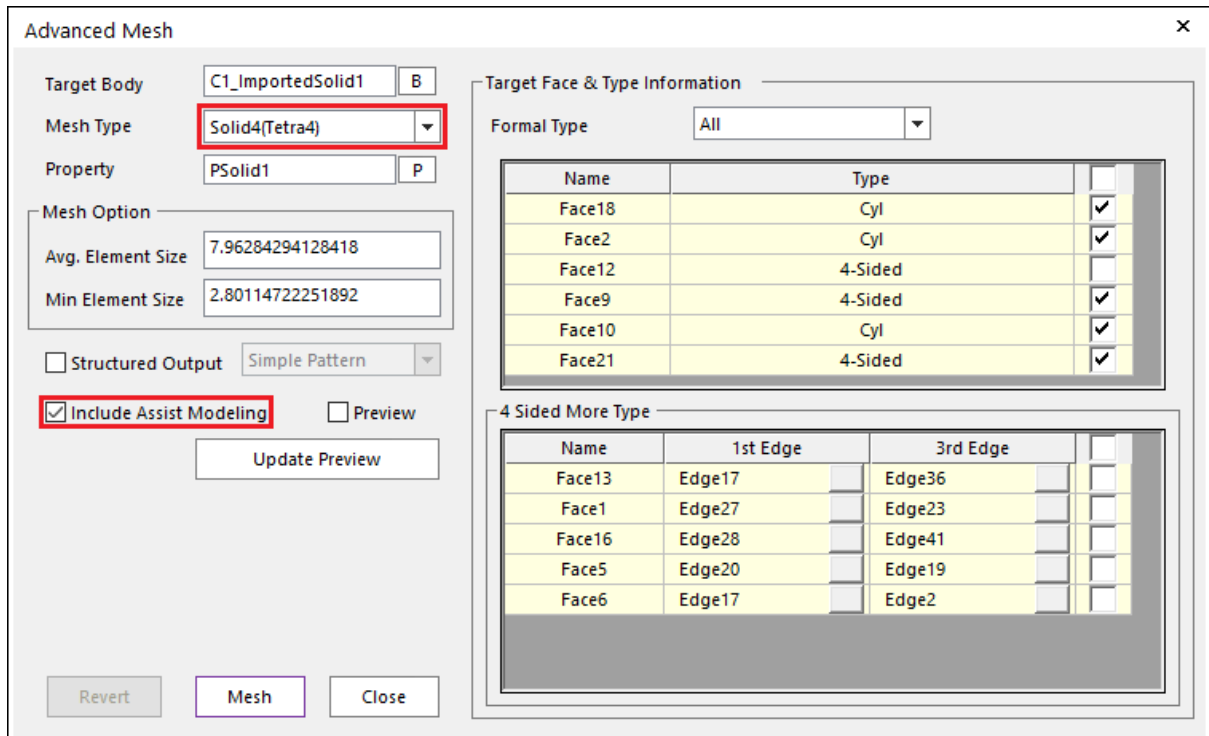


10. 选择完所有的图形项后，点击 **OK**。



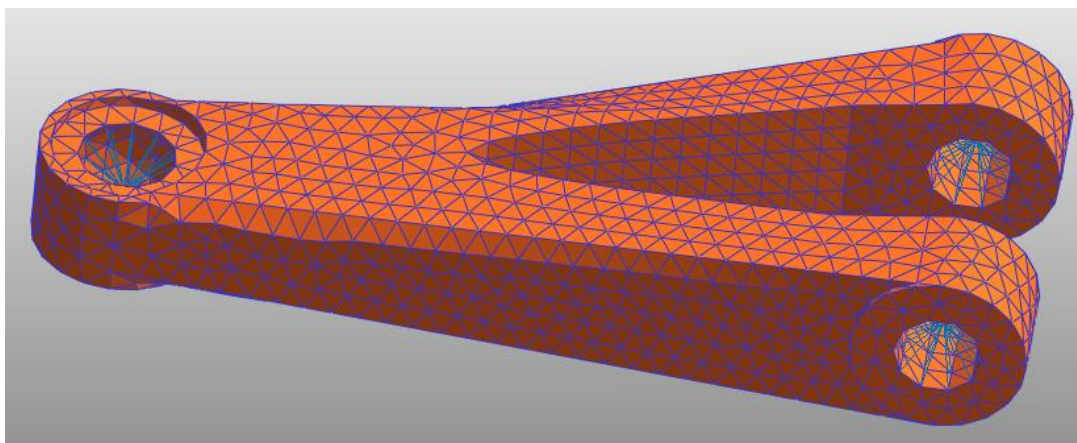
11. 在 **Mesh** 标签的 **Mesher** 组中，点击 **Advanced**。

弹出 Advanced Mesh 对话框。



12. 在 **Advanced Mesh** 对话框中，进行如下操作：

- 在 **MeshType** 下拉菜单中，选择 **Solid4(Tetra4)**。
- 勾选 **Include Assist Modeling** 对话框。（小贴士：必须勾选此项来保证 **FDR** 都会根据辅助建模中的定义自动生成。）
- 点击 **Mesh**。
- 划分网格完成后，点击 **Close**。**UCA** 部件的网格模型会出现，如下图所示。

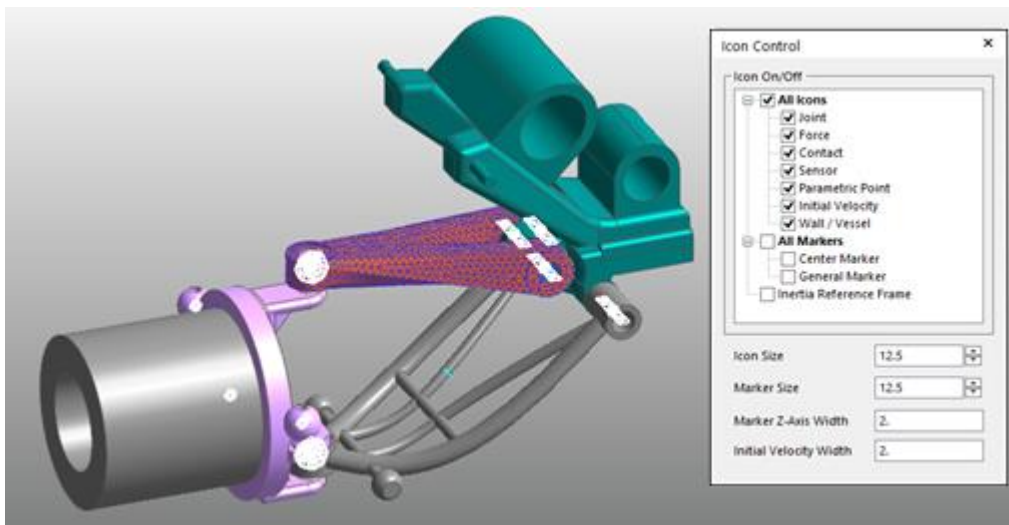


小贴士：RecurDyn 提供两种自动网格工具，**Mesh** 和 **Advanced Mesh**。**Mesh** 在生成网格前对 GUI 中的图形应用曲面细分。**Advanced Mesh** 则跳过曲面细分步骤，直接生成网格。这样做可以将 CAD 图形的变形最小化，但同时也会增加划分网格失败率。

13. 执行以下步骤之一，返回 **parent** 模式：

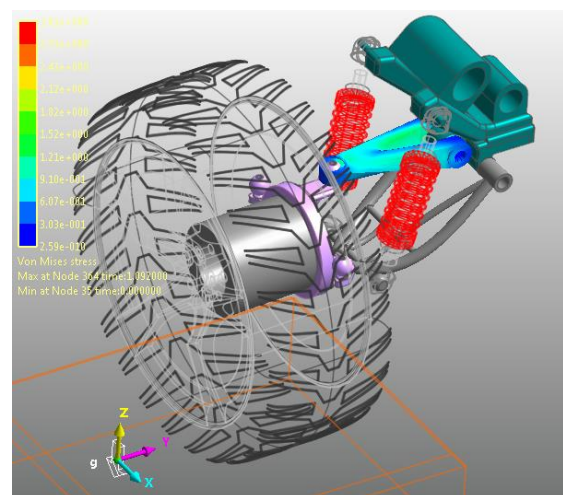
- 右键点击工作窗口，并在弹出的菜单中点击 **Exit**。
- 在 **Mesher** 标签的 **Mesher** 组中，点击 **Exit**。

注意，现有的 **UCA** 刚体部件(**UCA**)会消失，并被 **UCA 柔性体(UCA_FE)**代替，如下图所示。同时，之前创建的运动副和力都被保留在 **GUI** 中。这时，想要看图标的话，点击工具栏中的 **Icon Control** 并选择 **All Icons**。



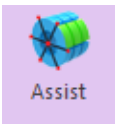
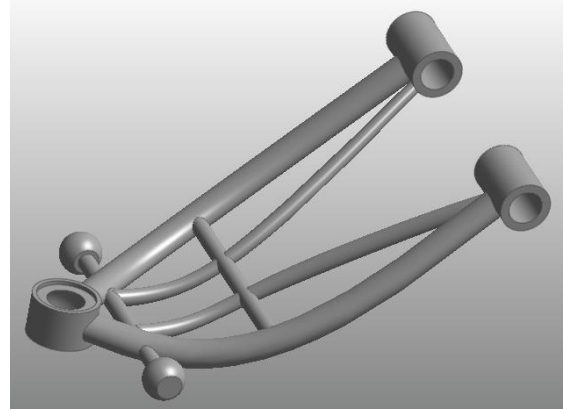
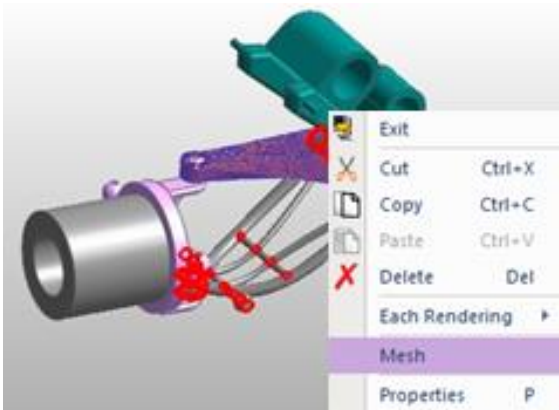
14. 检查 **UCA 柔性体**建模是否正确，返回 **Assembly** 模式，并用之前的设置运行 **Dynamic Analysis**。分析很快会完成。

15. 在 **Flexible** 标签的 **FFlex** 组中，点击 **Contour** 来查看结果。



创建一个LCA部件网格

1. 在 **Assembly** 模式中，双击子系统 **Suspension_Assy**，进入子系统模式。
2. 在子系统模式中，选择 **LCA** 部件。右键点击所选部件，并在菜单中选择 **Mesh**，**LCA** 部件会出现，如下图所示。

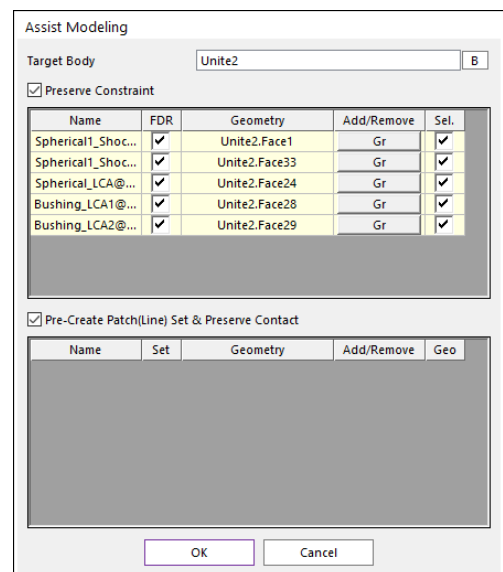


3. 在 **Mesh** 模式下，点击 **Mesher** 标签的 **Mesher** 组中的 **Assist**。弹出辅助建模对话框。
4. 在 **Assist Modeling** 对话框，点击 **B** 按钮，并选择 **LCA** 几何作为目标部件。

这时，因为 **LCA** 名为 **Unite2**，目标部件的名称为 **Unite2**。

5. 勾选 **Preserve Constraint** 勾选框。

现在可以选择与 **LCA** 相关的运动副和力单元，如右图所示。



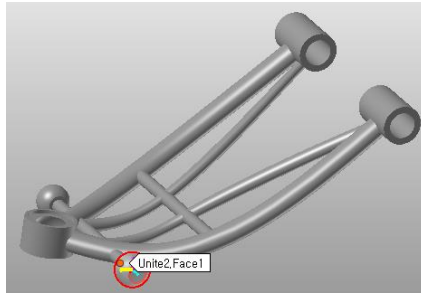
6. 勾选 **FDR** 和 **Sel** 栏中的所有勾选框，如上图所示。

FDR 勾选框明确了是否要在 **Mesh** 进行后创建一个 **FDR**(力分布刚性)单元。**Sel** 勾选框明确了是否要保留之前创建的运动副和力。本教程中，这些功能是非常必要的。勾选所有勾选框。

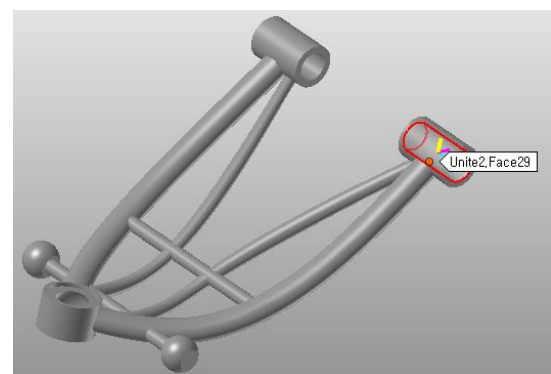
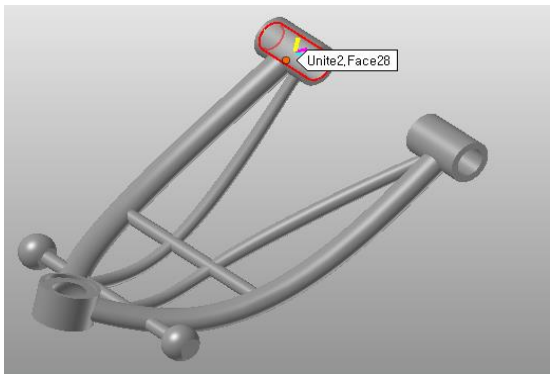
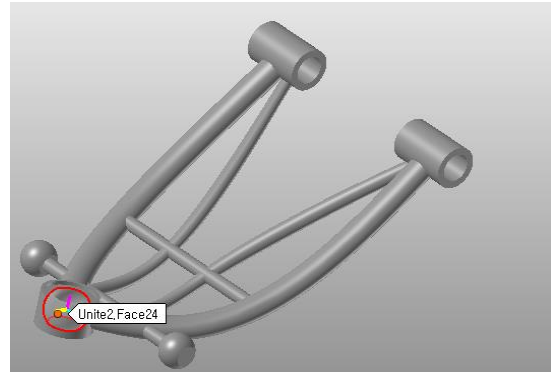
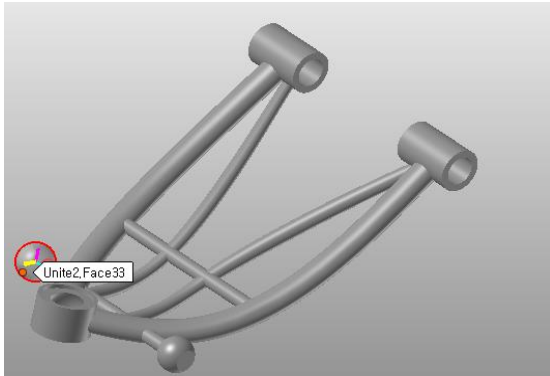
7. 在对话框的 **Add/Remove** 栏中，点击 **Gr** 将几何分配给将创建 **Slave Nodes** 的区域。根据下页所述，为三个 **FDR** 选择将创建 **Slave Nodes** 的区域。(小贴士：点击 **Gr** 按钮后，屏幕上会出现标记，指示将生成主节点的位置。这会帮助确定分配从属节点的位置。)

8. 所有几何分配完毕后，右键点击模型，并点击 **Finish Operation**。

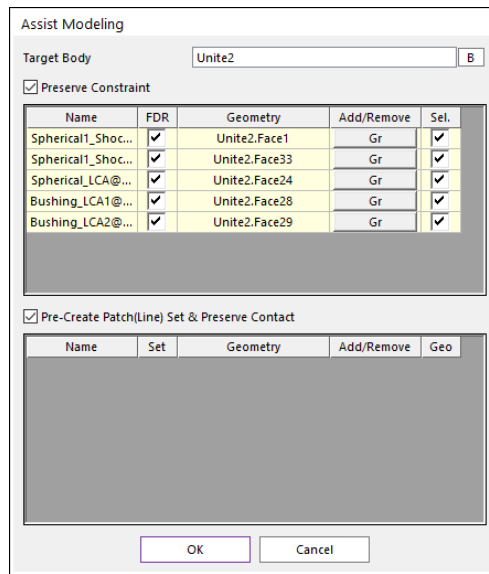
小贴士：因为 **FDR** 的属性，主节点会在运动副和力创建的地方自动生成。用户必须直接定义从属节点。



9. 对于另外四个区域，选择从属节点创建位置的表面，如下图所示：

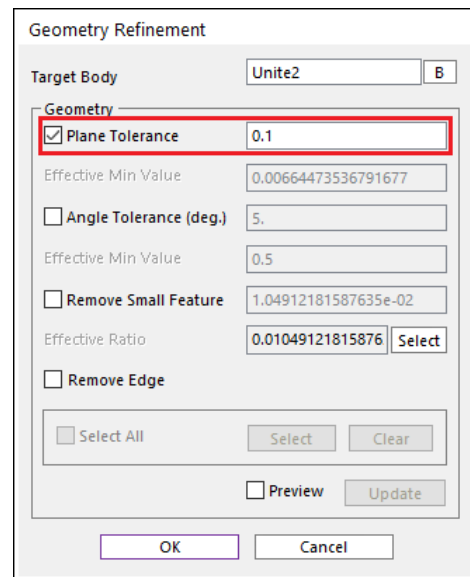


10. 选择完所有几何单元后，点击 **OK** 按钮。



11. 在 **Mesher** 标签的 **Mesher** 组中，点击 **Geo.Refine**。
(小贴士：几何改进功能只在使用网格工具时有效。即对 **UCA** 部件来说，如果使用的是高级网格工具就不会有任何效果。)

弹出 **Geometry Refinement** 对话框。

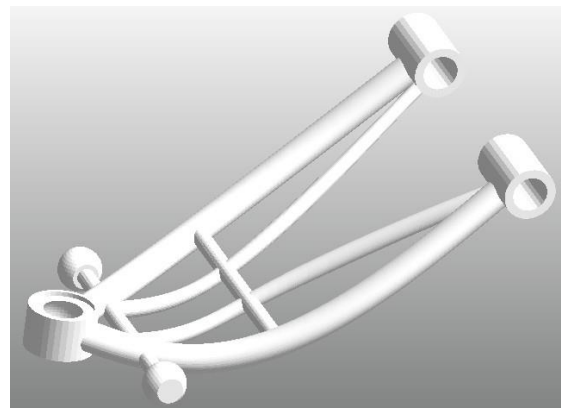


12. 在 **Geometry Refinement** 对话框中，将 **PlaneTolerance** 改为 0.1。

13. 勾选 **Preview** 勾选框。

会出现方格的形状，如右图所示。

14. 点击 **OK** 按钮，关闭对话框。



小贴士: RecurDyn 提供两种自动网格工具, **Mesh** 和 **Advanced Mesh**。Mesh 在生成网格前对 GUI 中的几何应用曲面细分。**Advanced Mesh** 则跳过曲面细分步骤, 直接生成网格。LCA 部件有很多曲面, 所以应当采用 **Mesh** (应用曲面细分) 来减少节点数量。用于 LCA 部件的图形改进功能会应用曲面细分, **Advanced Mesh** 没有此功能。

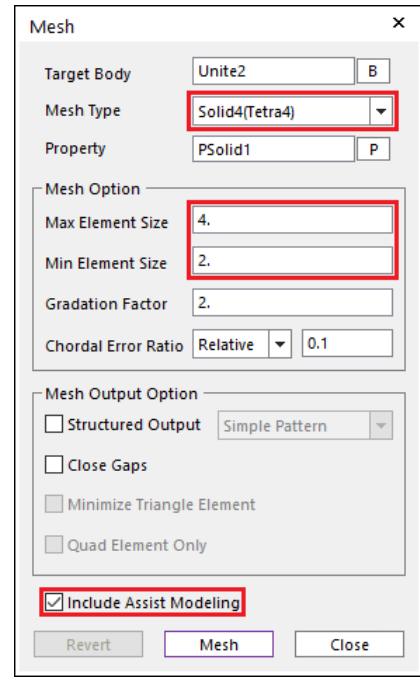


15. 点击 Mesh。

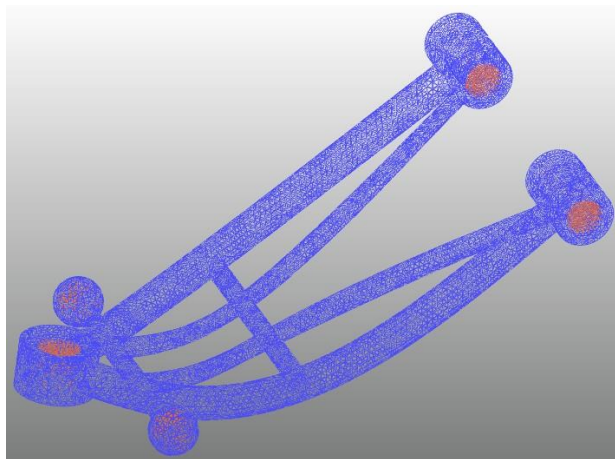
弹出 Mesh 对话框。

16. 在 Mesh 对话框中, 进行以下设置:

- 选择 **Solid4(Tetra4)** 作为 **MeshType**, 如右图所示。
- 在 **Mesh Option** 组中, 将 **Max Element Size** 设为 4, 将 **Min Element Size** 设为 2。
- 勾选 **Include Assist Modeling** 对话框。
- 点击 **Mesh** 按钮。



网格模型和 LCA 部件的 FDR 都已创建, 如下图所示。

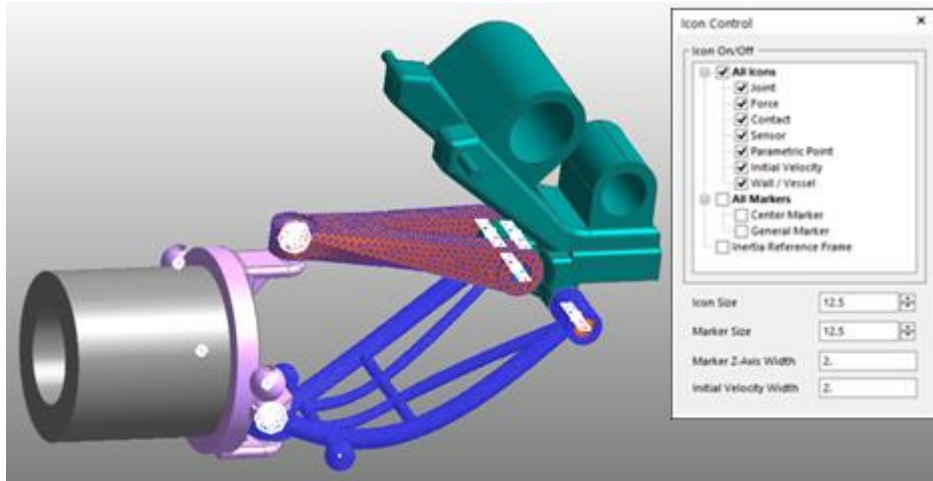


17. 执行以下步骤之一, 返回 parent 模式:

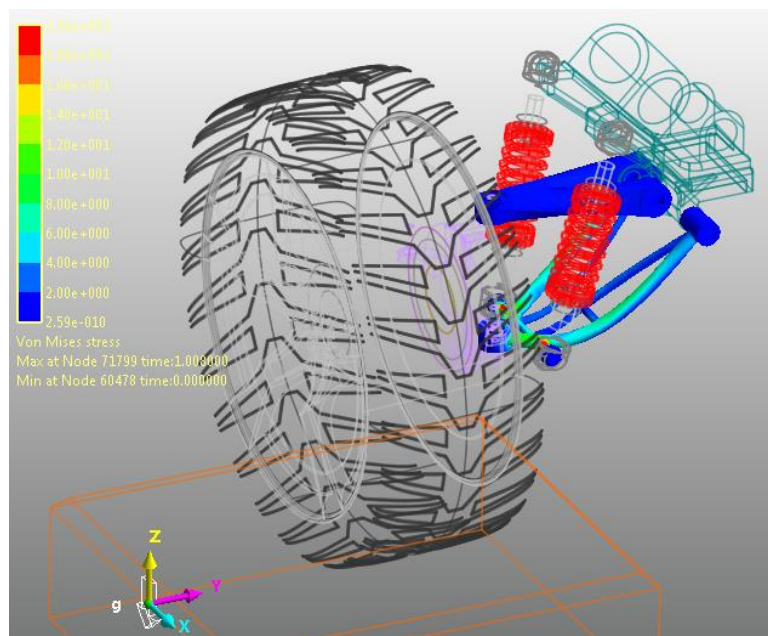
- 右键点击工作窗口, 并在弹出的菜单中点击 **Exit**。
- 在 **Mesher** 标签的 **Mesher** 组中, 点击 **Exit**。



注意，现有的 **LCA** 刚性体(LCA)会消失，并被 **LCA** 柔性体(LCA_FE)替代，如下图所示。同时，注意到之前创建的运动副和力，保留在 **GUI** 中。这时想要看图标的话，点击工具栏上的 **Icon Control**，并勾选 **All Icons** 对话框。



18. 检查 **LCA** 柔性体建模是否正确，退出装配模式，并在之前的工况下，运行 **Dynamic Analysis** 分析。分析时间会比之前久一点，但是得到结果花费的时间不会太长。在 **Flexible** 标签的 **FFlex** 组中，点击 **Contour**，生成如下结果。



Chapter

4

进行耐久性分析

任务目标

本章学习如何分析一个 **FFlex** 部件的耐久性。



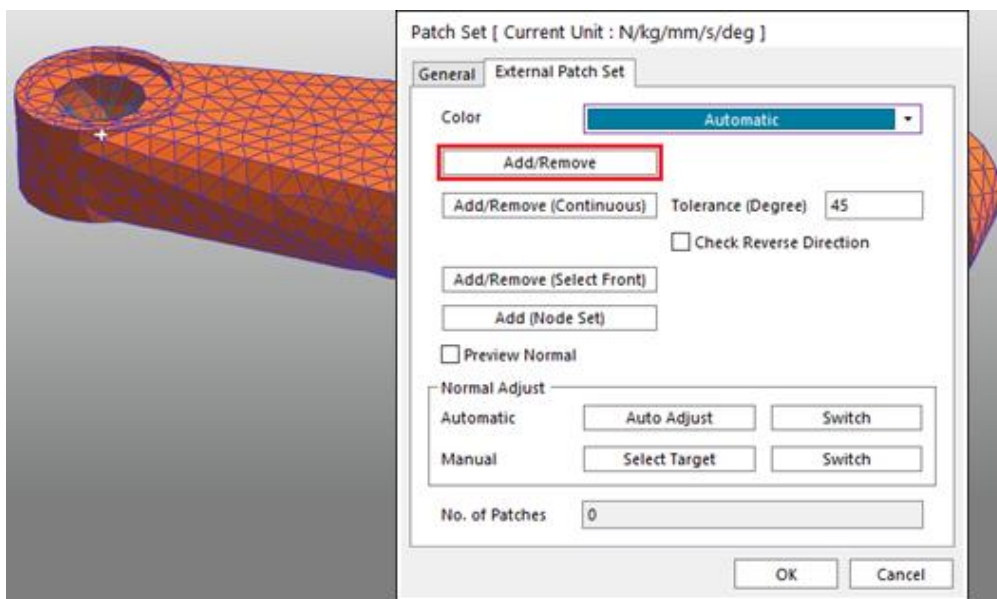
预计完成本任务所需要的时间

40 分钟

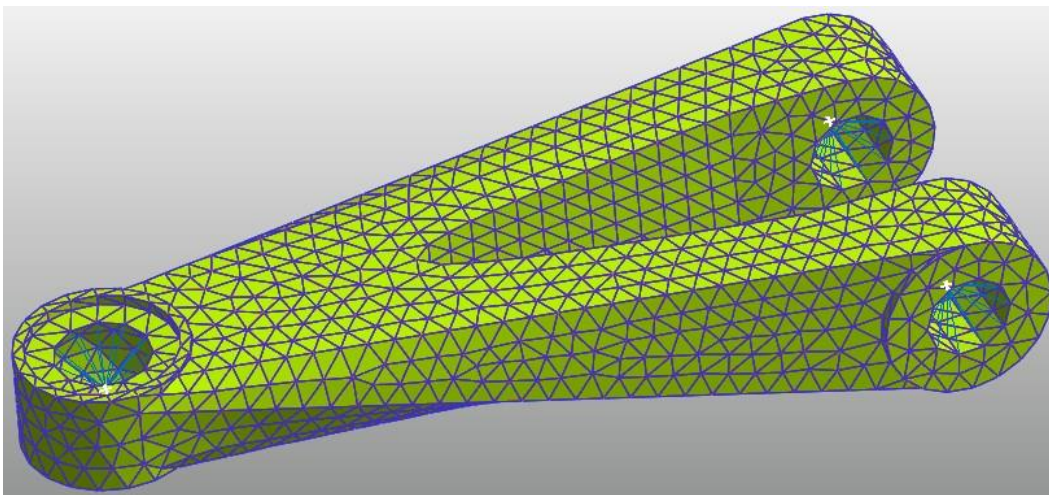
对UCA_FE 部件进行一个耐久性分析

创建一个片集:

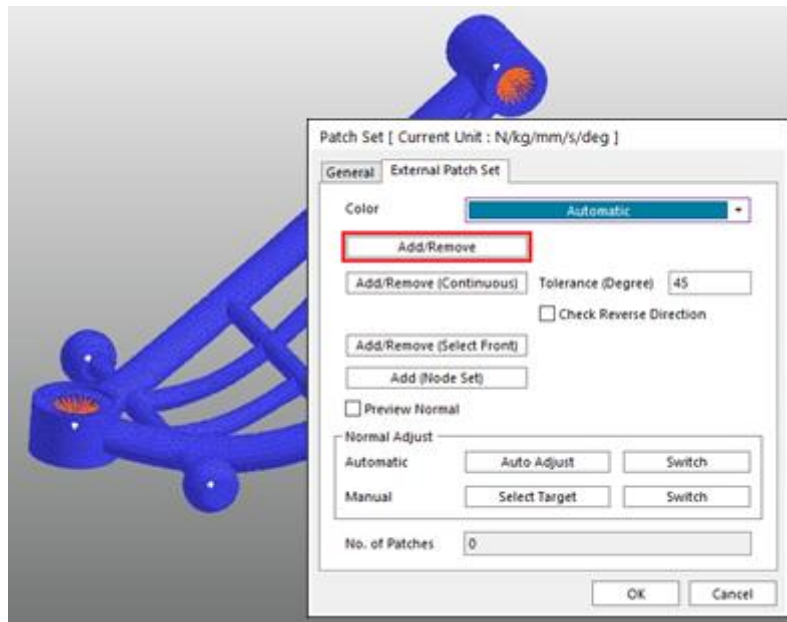
1. 在装配模式下，双击 **Suspension_Assy**，进入子系统模式。
2. 双击 **UCA_FE** 部件，进入部件编辑模式。
3. 在 **Fflex Edit** 标签的 **Set** 组中，点击 **Patch Set**。
4. 点击 **Add/Remove** 按钮，如下图所示。点击并拖动鼠标来选择整个部件。



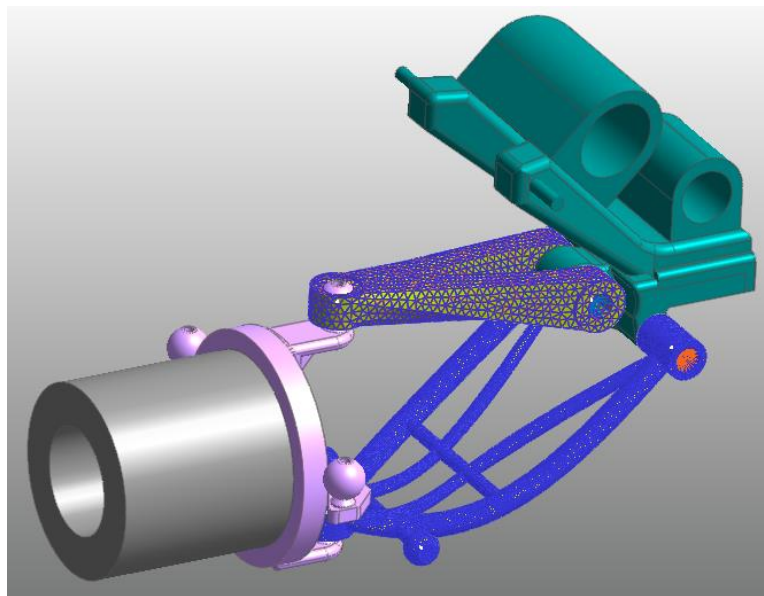
5. 右键点击部件，并在上下文菜单中，点击 **Finish Operation**。
6. 在 **Patch Set** 对话框中，点击 **OK**。
7. 确定片集创建成功后，点击 **FFlex Edit** 标签的 **Exit** 组中的 **Exit**，返回到 **parent** 模式。



8. 重复步骤 2 到 7，设置 **LCA_FE** 部件的片集，如下图所示。



完成上述步骤后，两个柔性体的片集就创建完成了。



9. 右键点击工作窗口，并在弹出的菜单中，点击 **Exit**，返回装配模式。

回顾动画文件:



在 **Analysis** 标签的 **Animation Control** 组中，点击 **Reload the last animation file** 图标。

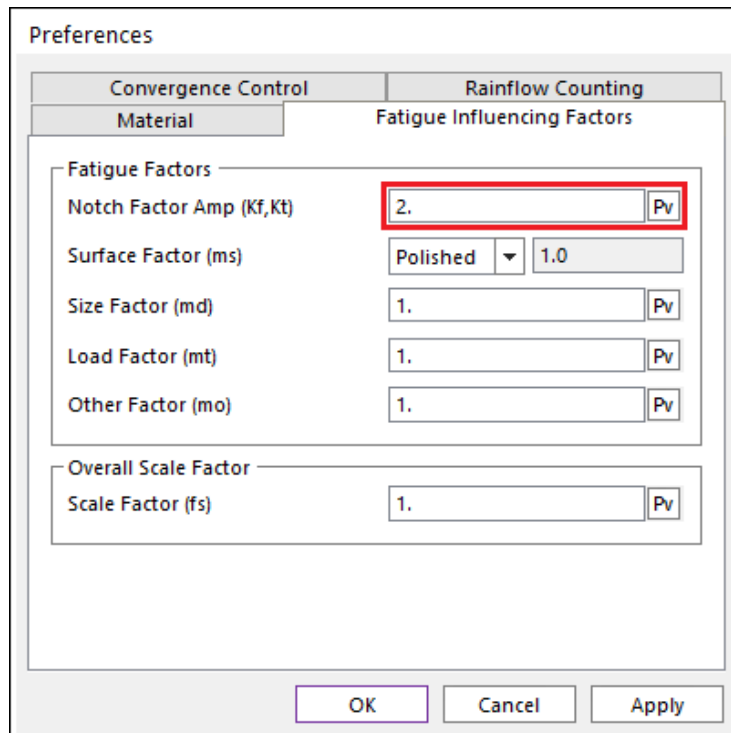
注意所有与动画相关的按钮都已激活。

小贴士: 在为 **UCA_Fe** 和 **LCA_FE** 部件创建完片集后，之前的分析结果可能看起来失效了。但是这些步骤其实对动态分析结果没有任何影响。因此不必重新进行动力学分析，可以直接从之前的分析结果中回顾动画文件或 **RAD** 文件。

设置分析参数:



1. 在 **Durability** 标签的 **Durability** 组中, 点击 **Preference**。
2. 在 **Material** 标签的 **Preferences** 对话框中, 指定疲劳分析材料库文件的路径。
(C:\Users**<Your Windows Login ID>**\Documents\RecurDyn**<RecurDyn Version>** 或其它相当路径)。
3. 在 **Fatigue Influencing Factors** 标签的 **Fatigue Factors** 组中, 将 **Notch Factor Amp(Kf, Kt)** 设为 2, 如下图所示。



缺口系数会增大分析得出的应力值, 因为结构的设计和处理造成的裂缝、孔洞和缺口 (V 槽) 会导致应力集中。所以, 缺口系数越大, 耐久性分析得出的结论就越不理想。

小贴士: 疲劳影响因子中包含的值代表了实际耐久性分析实验测试样品的物理条件, 因此默认值为 1。改变每个因子都会相应改变 S-N 曲线: 这样就可以在耐久性分析中仿真更糟糕的情况。如果缺口系数以外的值小于 1 而缺口系数大于 1, 那么耐久性分析中仿真的情况也会更糟糕。

4. 在 **Preferences** 对话框中, 不要改变 **Convergence Control** 和 **Rainflow Counting** 值, 并点击 **OK**。

进行疲劳评估:

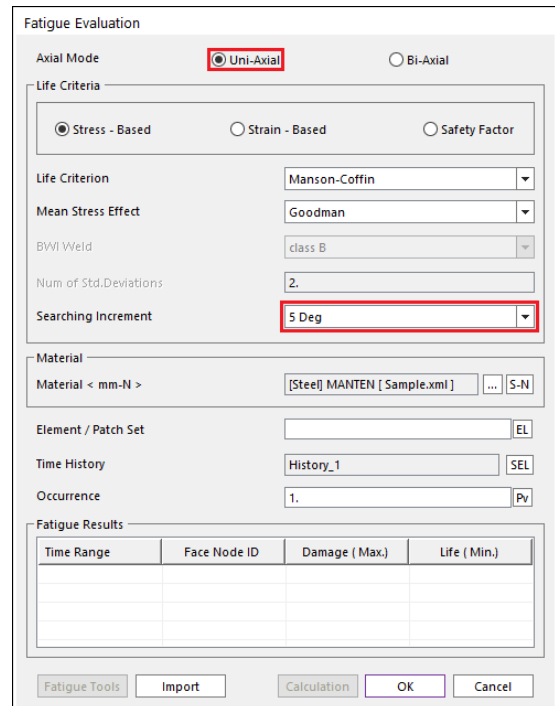


1. 在 **Durability** 标签的 **Durability** 组中, 点击 **Fatigue Evaluation**。

弹出疲劳评估对话框。

2. 在疲劳评估对话框中, 完成如下操作:

- 将 **Axial Mode** 设为 **Uni-Axial**。
- 将 **Searching Increment** 设为 **5 Deg**。

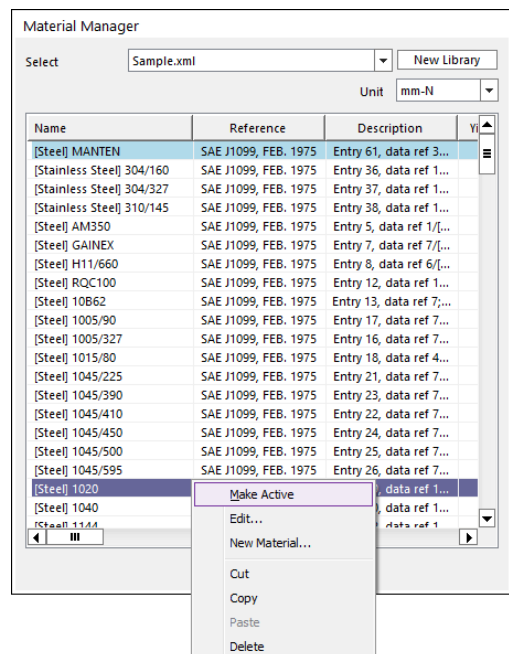


3. 在 **Material** 组中点击“...”。

弹出材料管理对话框。

4. 在材料管理对话框中, 完成如下操作:

- 选择并右击 **[Steel] 1020**, 在上下文菜单中点击 **Make Active**, 如右图所示。
- 点击 **OK**。

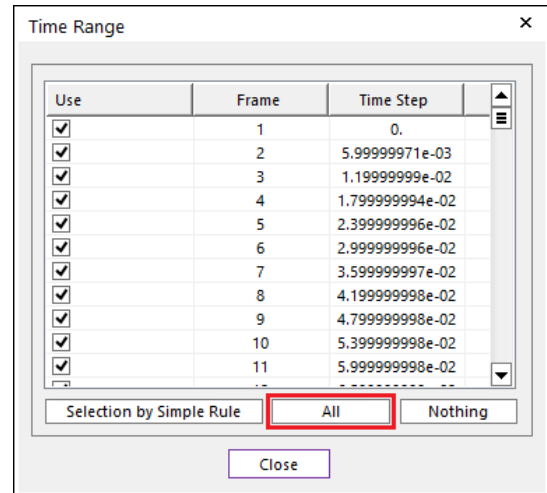
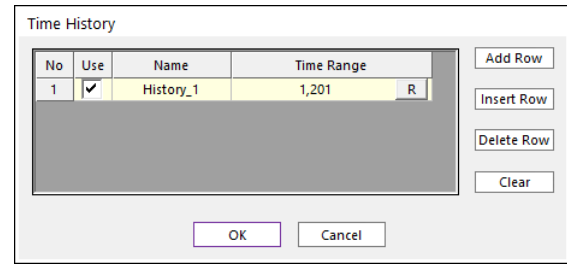


5. 在 **Element/Patch Set** 组中, 点击 **EL**。

6. 为 **UCA_FE** 选择片集。

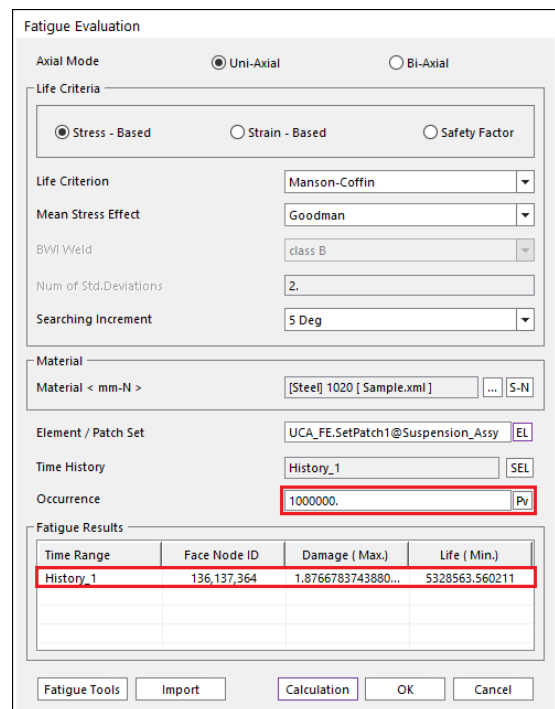
因为 **UCA_FE** 部件已经被包含在 **Suspension_Assy** 子系统中, 所以必须在点击 **UCA_FE** 部件的同时按 **Shift** 键。然后 **UCA_FE.SetPatch1@Suspension_Assy** 会出现在 **Element/Patch Set** 项目中。

7. 点击 **Time History** 文本框中的 **SEL** 按钮。
8. 在 **Time History** 对话框中，一个时间历程已经被定义。点击 **R**，更改时间范围。
9. 在 **Time Range** 对话框中，点击 **All**。
10. 点击 **Time Range** 对话框中的 **Close**。
11. 点击 **OK**。



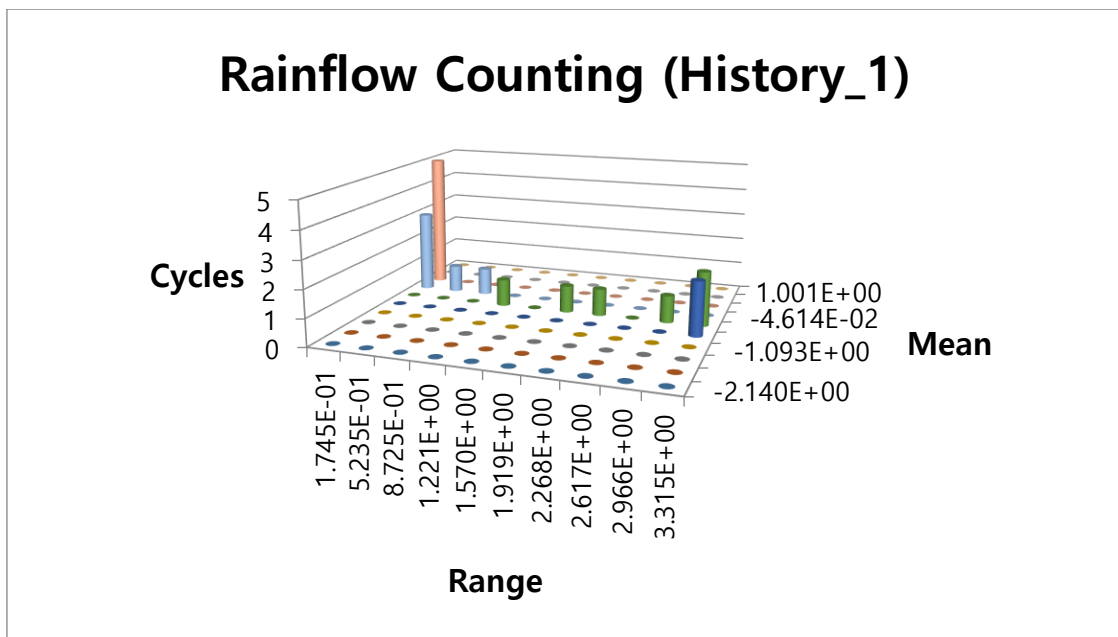
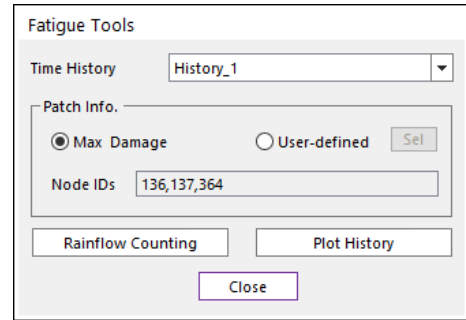
12. 在 **Occurrence** 文本框中，输入 1000000。
13. 点击 **Calculation**。

屏幕上会出现一个现实疲劳分析进度的进度条，分析完成后，结果会出现在结果组，如右图所示。

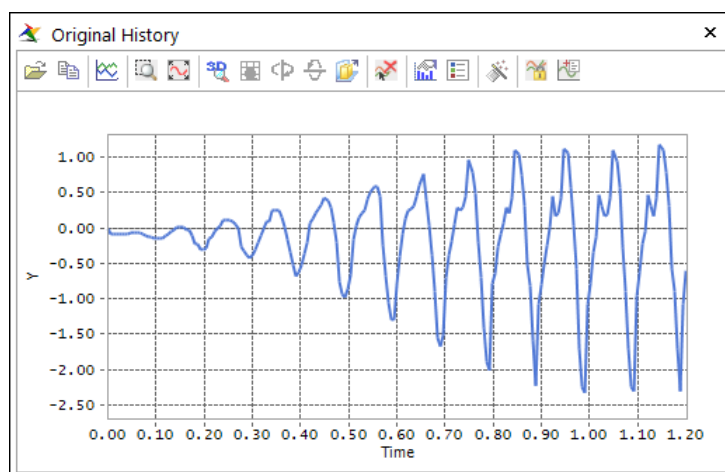


14. 在疲劳评估对话框中，点击 **Fatigue Tools**。

- 在疲劳工具对话框中，点击 **Rainflow Counting** 按钮。
- 如下图所示，**Excel** 中的雨流计数结果是以应用于损伤最严重的片集区域的应力时间历程为基础的。结果根据应力振幅和平均应力按周期数显示。



- 在此对话中点击 **Plot History**。
- 如下图所示，可以查看定义片集中损伤最大的片上的应力时间历程。



验证等值线结果:



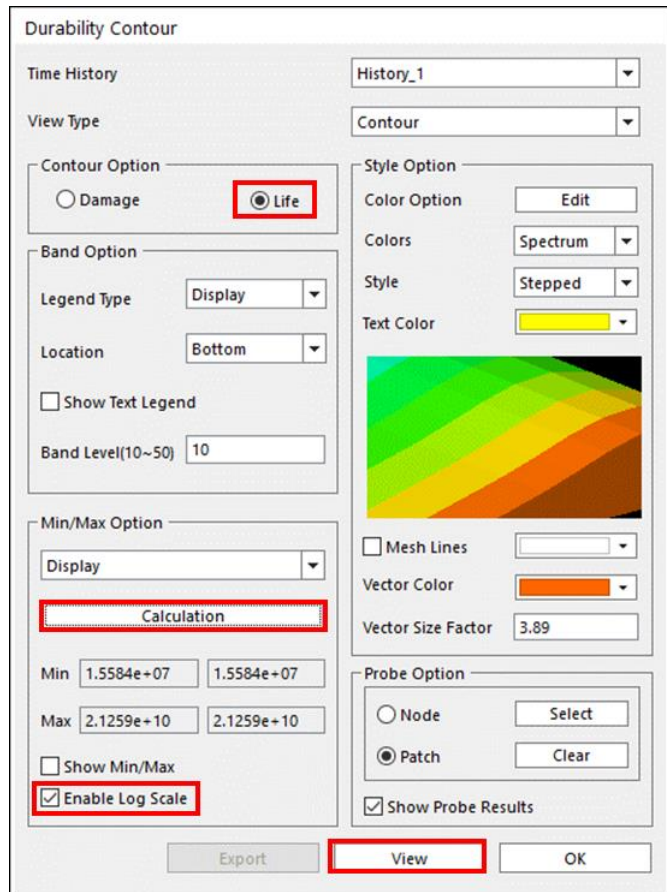
1. 在 **Durability** 标签下的 **Durability** 组中, 点击 **Contour**。

弹出 **Durability Contour** 对话框

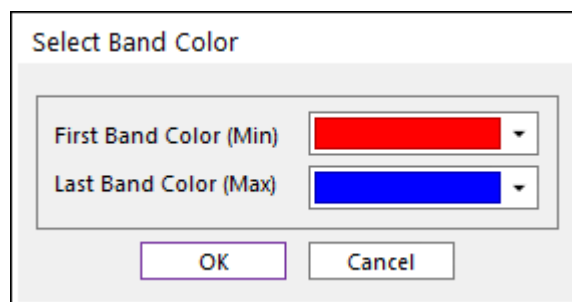
。

2. 在 **Durability Contour dialog** 窗口中, 完成以下操作:

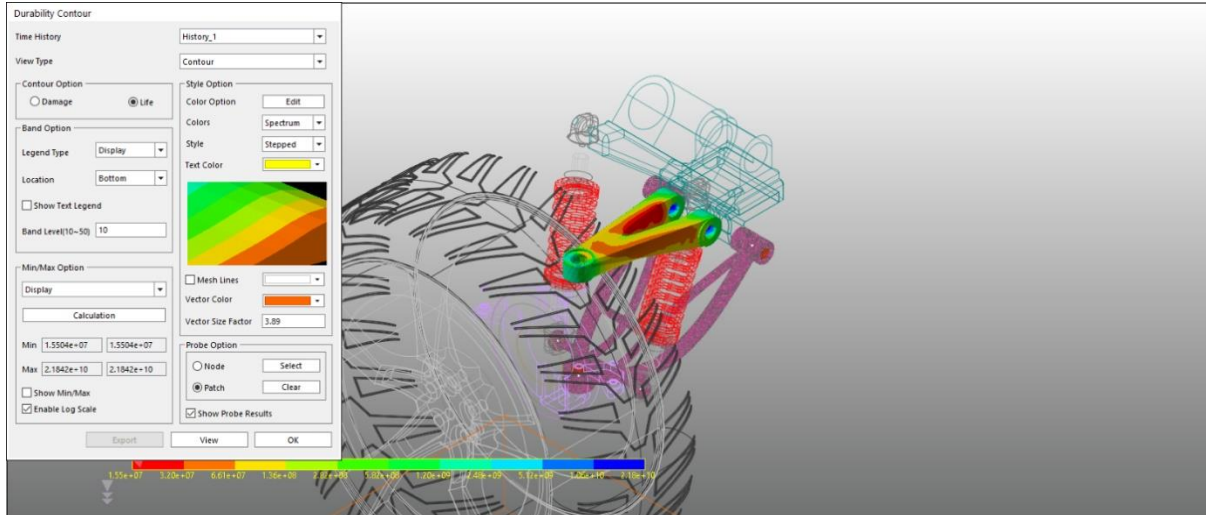
- 在 **Contour Option** 组, 选择 **Life**。
- 点击 **Calculation**。
- 选择 **Enable Log Scale**。
- 点击 **Contour View**, 查看结果。



3. 为使结果更容易查看, 点击 **Durability Contour** 对话框中的 **Style Option** 组的 **Edit**, 将颜色更改如下。



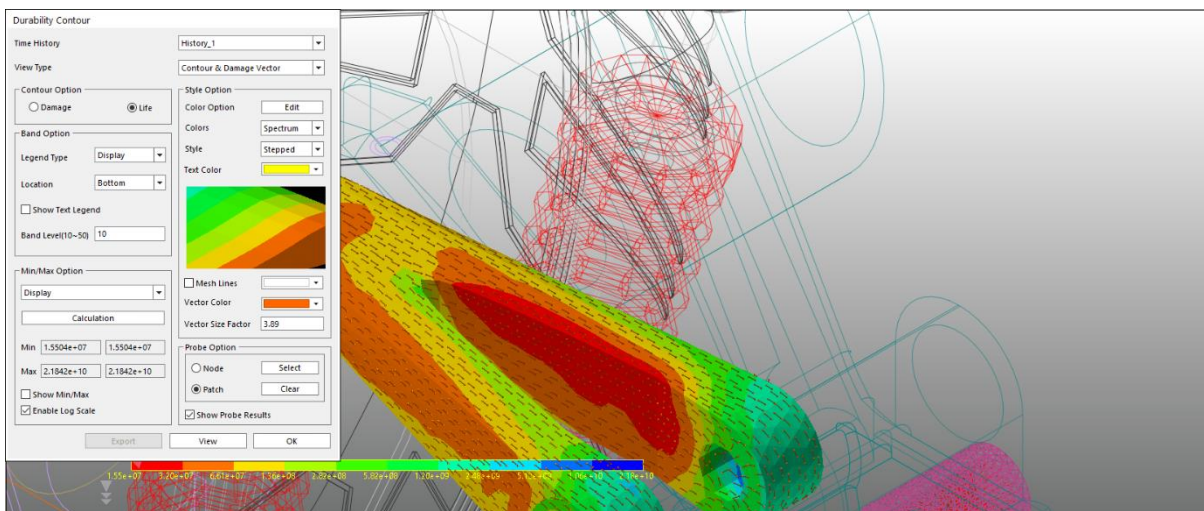
4. 再次点击 **Contour View** 将最不耐久的部分标为红色，如下图所示。这样更容易判别疲劳寿命相对短的区域。(小贴士：如果想得到更详细的等值线图，在查看结果前，在工具栏中选择 **Wireframe**。)



5. 在 **View Type** 中选择 **Contour & Damage** 来查看每个补丁的损伤方向。



如下图所示，按下 **View** 按钮就会显示损伤方向。



对 LCA_FE 部件进行耐久性分析

设置分析参数:

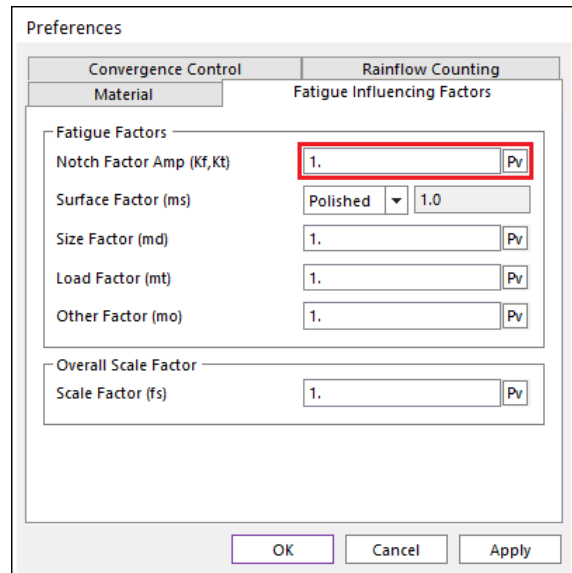


1. 在 **Durability** 标签的 **Durability** 组中，点击 **Preference**。

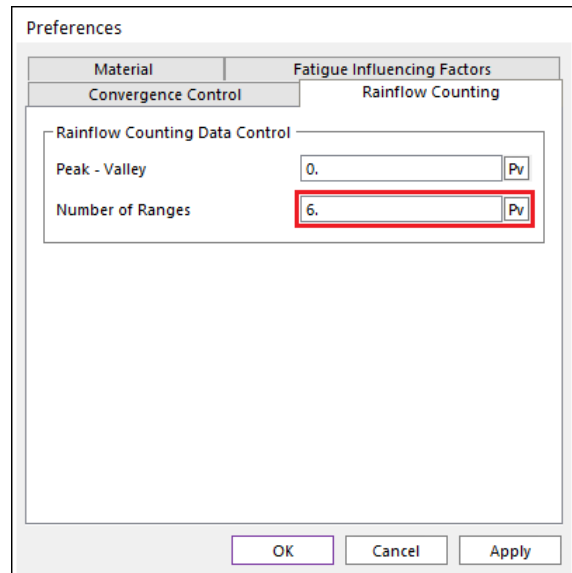
弹出 **Preference** 对话框。

2. 在 **Preference** 对话框中，完成如下操作：

- 在 **Fatigue Influencing Factors** 标签的 **Fatigue Factors** 组中，将 **Notch Factor Amp (Kf, Kt)** 从 2 改为 1。



- 在 **Rainflow Counting** 标签中的 **Rainflow Counting Data Control** 中，将 **Number of Ranges** 设为 6。(小贴士：在 **Fatigue Evaluation** 对话框运行 **Rainflow Counting** 之前，如果改变 number of ranges 并且设置平均应力和应力幅度的周期值，那么 **Excel** 表格中平均应力和应力幅度的排数就会变成设置的值。)





使用一个用户定义的 S-N 曲线:

1. 在 **Durability** 标签的 **Durability** 组中, 点击 **Fatigue**。

弹出疲劳评估对话框。

2. 在疲劳评估对话框中, 完成如下操作:

- 将 **AxialMode** 设为 **Uni-Axial**。
- 在 **Life Criteria** 组中, 选择 **User-Defined**。
- 将 **Searching Increment** 项设为 10 **Deg**。
- 将 **Occurrence** 设为 1000000。

The screenshot shows the 'Fatigue Evaluation' dialog box. The 'Axial Mode' is set to 'Uni-Axial'. Under 'Life Criteria', 'Stress - Based' is selected, and 'Life Criterion' is set to 'User-Defined'. 'Mean Stress Effect' is 'Goodman', 'BWI Weld' is 'class B', and 'Num of Std.Deviations' is '2'. 'Searching Increment' is '10 Deg'. In the 'Material' section, 'S-N Curve < mm-N >' is 'User-Defined'. 'Element / Patch Set' is 'LCA_FE.SetPatch1@Suspension_Assy'. 'Time History' is 'History_1'. 'Occurrence' is '1000000'. The 'Fatigue Results' table is empty.

3. 在 **Material** 组中, 点击“...”。

弹出用户自定义对话框。

4. 在用户自定义对话框中, 完成如下操作:

- 点击 **Add Row** 按钮 9 次, 并输入如右图所示的值。
- 点击 **Draw** 来显示这些值的 S-N 曲线。
- 点击 **Close**。

5. 在 **Element/Patch Set** 组中, 点击 **EL**。

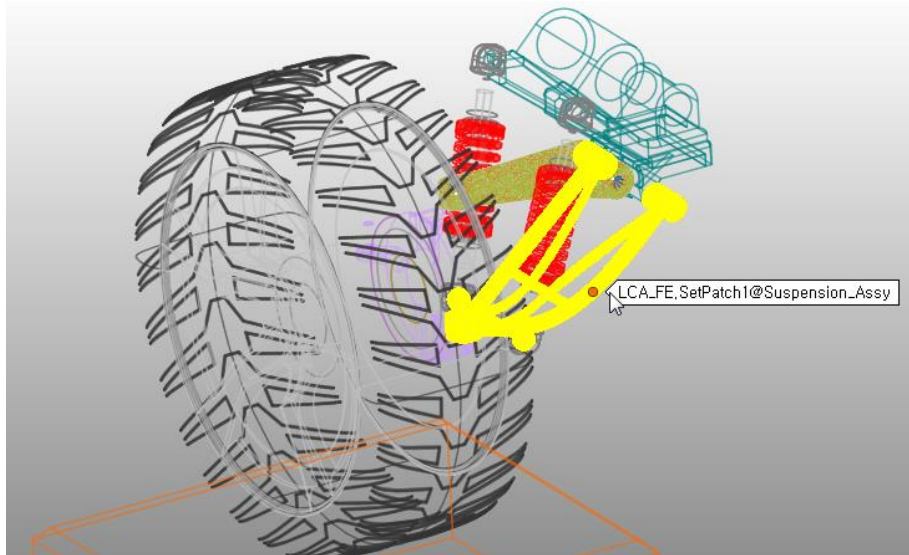
The screenshot shows the 'User-Defined' dialog box. The 'Unit' is 'mm-N'. A table with 9 rows is shown, with columns 'No', 'Cycle to Failure', and 'Stress Amplitude'. The table data is as follows:

No	Cycle to Failure	Stress Amplitude
1	1	820
2	10	630
3	100	470
4	1000	360
5	10000	270
6	100000	200
7	1000000	150
8	10000000	120
9	100000000	90

Below the table, 'InterpolationType' is 'Linear'. Under 'Material for Stress Based Life Criterion', 'Yield Stress' is 317.2, 'Ultimate Strength' is 565.4, and 'Fatigue Strength Coefficient' is 917. The 'Close' button is at the bottom.

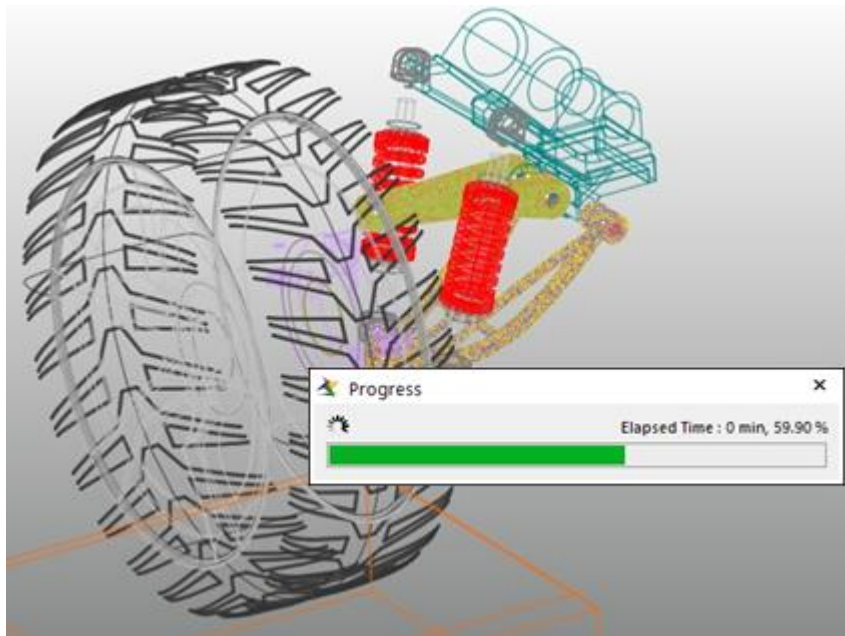
6. 选择 LCA_FE 部件的片集

返回疲劳评估对话框，注意到 **Element/Patch Set** 项仍然是前一步中设置的 **UCA_FE** 部件的补丁数据。在本教程中，按住 **Shift** 键并选择被定义为 **LCA_FE** 部件的补丁数据，如下图所示。



7. 点击 Calculation。

疲劳分析进程状态会显示在进度条中，如下图所示。



疲劳分析结束后，疲劳评估对话框会显示最大损伤和最短寿命。

Fatigue Evaluation

Axial Mode Uni-Axial Bi-Axial

Life Criteria

Stress - Based Strain - Based Safety Factor

Life Criterion

Mean Stress Effect

BWV Weld

Num of Std.Deviations

Searching Increment

Material

S-N Curve < mm-N > ... S-N

Element / Patch Set EL

Time History SEL

Occurrence Pv

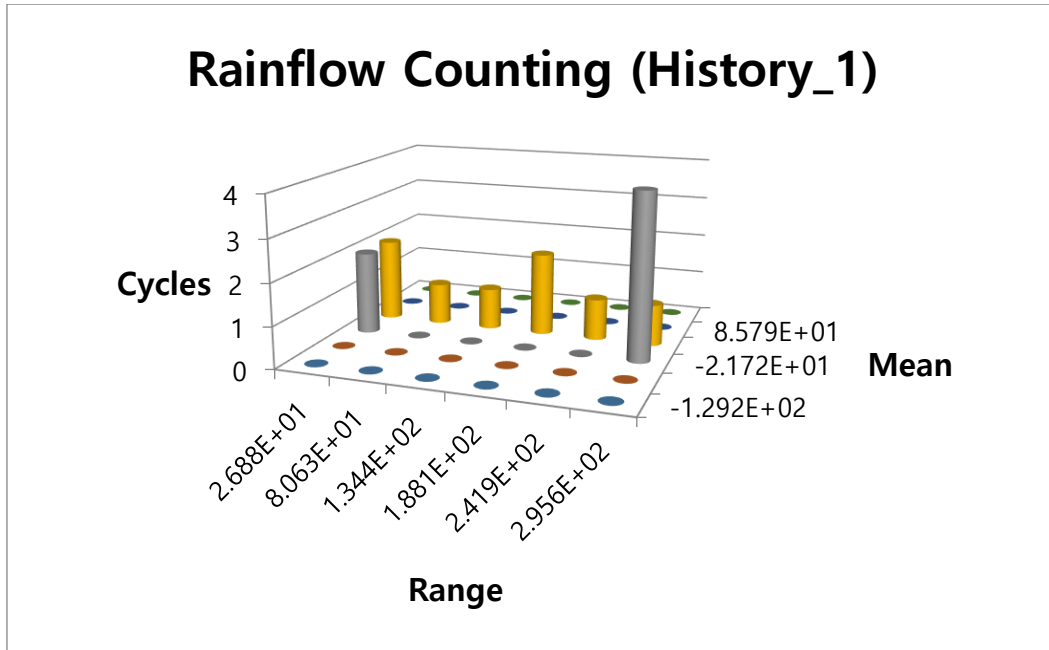
Fatigue Results

Time Range	Face Node ID	Damage (Max.)	Life (Min.)
History_1	71524,77590,65551	1.	1.

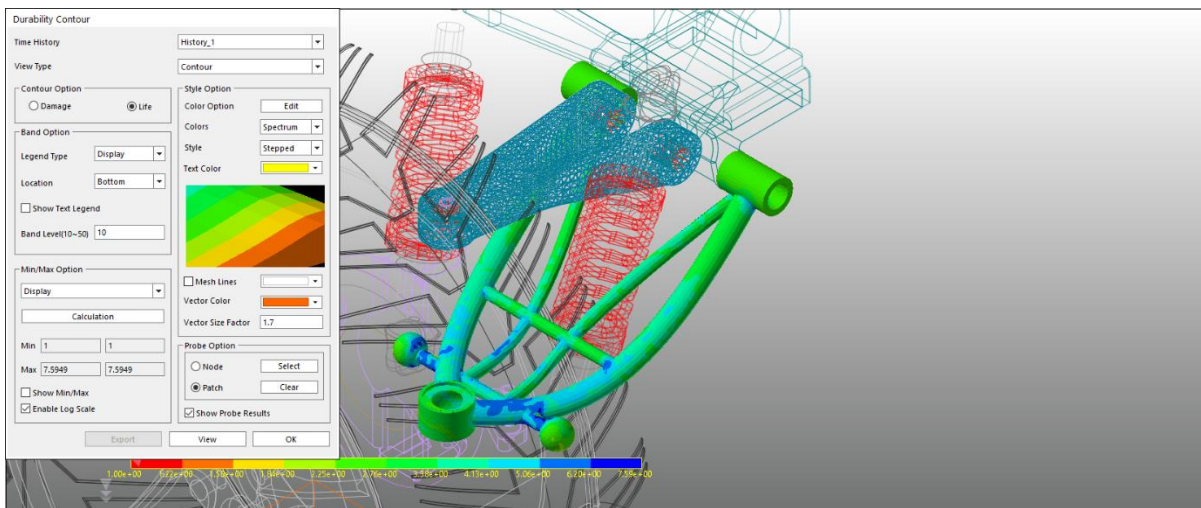
Fatigue Tools Import Calculation **OK** Cancel

8. 在疲劳评估对话框中，点击 **Fatigue Tool**。

如下图所示，**Excel** 中的 Rainflow Counting 结果是以损伤最严重的片集区的应力时间历程为基础的。与 **UCA_FE** 部件的雨流计数结果不同，在 **3D** 表格中有 6 排，因为之前在 **Preference** 对话框中将 number of ranges 改成了 6。



9. 打开等值线对话框，并在 **Contour Option** 组中选择 **Life**。与之前验证 UCA_FE 部件的耐久性分析结果的操作一样。
10. 点击 **Calculation**，注意到最小值/最大值都已在对话框中计算好。接下来点击 **Contour View** 来显示结果，如图所示。





分析并查看结果

任务目标

本章学习如何分析并查看两个模型的耐久性结果。



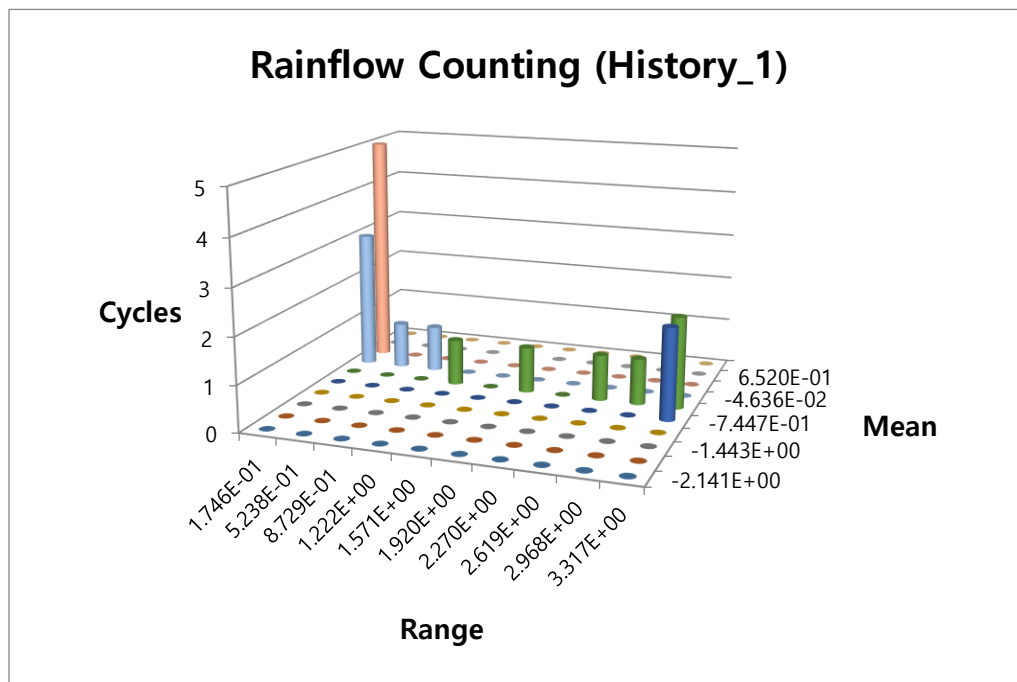
预计完成本任务需要的时间

5 分钟

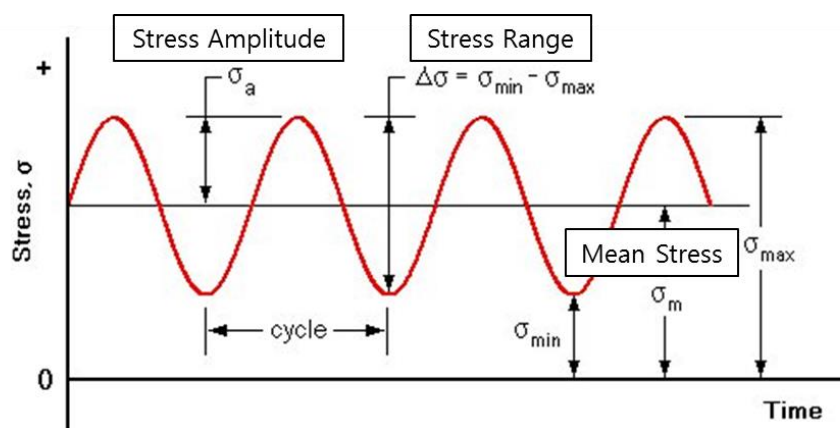
分析耐久性结果

分析 UCA_FE 部件的结果

- 在进行耐久性分析前，如果比较过 UCA_FE 和 LCA_FE 部件在第三章最后一步后的 Von-mises 应力，会发现 UCA_FE 部件产生的应力应该会更低。因此，对其耐久性的预期也会非常高。然而实际上，在疲劳分析中，从应力时间历程中得到的 Rainflow Counting 结果，如下图所示，显示出反复加到最弱点（片集区）的最大应力范围（应力范围是应力幅度的两倍）约为 3Mpa，而平均应力不到 1Mpa。



- 应力幅度，应力范围，平均应力和周期之间的关系显示在下图的应力时间历程中。



- 可以从仿真结果中看到，负载被反复施加到 UCA_FE 部件上的同一方向，我们的耐久性分析的轴类型为单轴。因为负载在仿真过程中被施加了一百万次(occurrence = 1,000,000)，这个应力寿命标准呈高度重复性。因此，平均应力影响在这里是适用的。
- 耐久性分析还采用了在车辆结构中广泛应用的 1020 系列钢(在耐久性材料库中可选用)。

- 结果说明损伤最严重部位（即疲劳寿命最短的部位）的重复次数约为 5×10^6 。换言之，在仿真的负载条件下，可以预测损伤会在约 6 百万次后出现：用事件条件(1×10^6) 与疲劳寿命(5×10^6)相加。

Fatigue Evaluation

Axial Mode Uni-Axial Bi-Axial

Life Criteria

Stress - Based Strain - Based Safety Factor

Life Criterion: Manson-Coffin

Mean Stress Effect: Goodman

BWI Weld: class B

Num of Std.Deviations: 2

Searching Increment: 5 Deg

Material

Material < mm-N >: [Steel] 1020 [Sample.xml] ... S-N

Element / Patch Set: UCA_FE.SetPatch1@Suspension_Assy EL

Time History: History_1 SEL

Occurrence: 1000000 Pv

Fatigue Results

Time Range	Face Node ID	Damage (Max.)	Life (Min.)
History_1	136,137,364	1.8656142679397...	5360164.837849

Fatigue Tools Import Calculation OK Cancel

- 假设上面所显示的疲劳寿命结果是无穷大，可将寿命标准的安全因子用于计算 UCA_FE 部件的另一个疲劳分析结果。先只选寿命标准的安全因子，其它设置包括搜索增量，单元/片集和材料都与 UCA_FE 部件的相同。生成的结果如下图所示。（小贴士：这时在 *Preference* 对话框中，将缺口系数改为 2。）

Fatigue Evaluation

Axial Mode Uni-Axial Bi-Axial

Life Criteria

Stress - Based Strain - Based Safety Factor

Life Criterion: Goodman

Mean Stress Effect: Goodman

BWV Weld: class B

Num of Std.Deviations: 2

Searching Increment: 10 Deg

Material

Material < mm-N >: [Steel] 1020 [Sample.xml] ... H

Element / Patch Set: UCA_FE.SetPatch1@Suspension_Assy EL

Time History: History_1 SEL

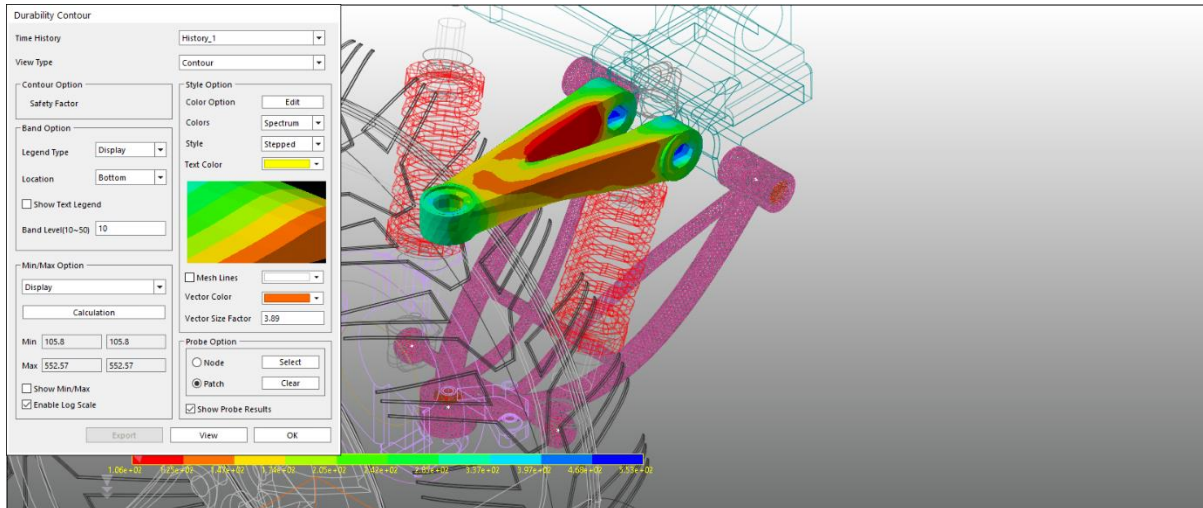
Occurrence: 1000000.

Fatigue Results

Time Range	Face Node ID	Safety Factor (Min.)
History_1	136,137,364	83.1303705921394

Fatigue Tools Import Calculation OK Cancel

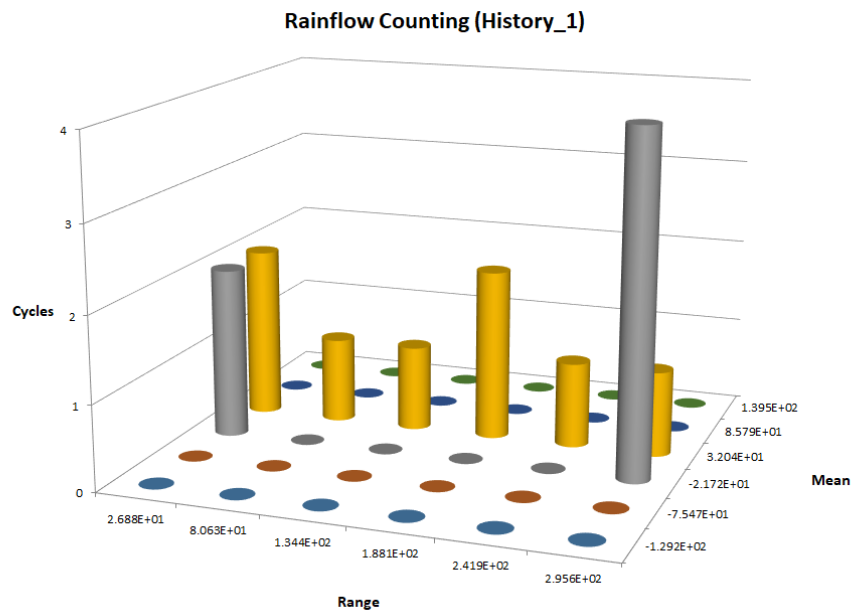
在等值线绘图中选择这个选项来生成如下结果。



- 计算安全因子所需要的条件是来自于雨流计数结果的应力幅度和平均应力。因此，与周期数相关的发生次数不是必须的。上文所示的耐久性分析结果显示出 **UCA_FE** 部件非常稳定。

分析 LCA_FE 部件的结果

- 与 UCA_FE 部件不同，必须为 LCA_FE 输入耐久性分析表达式而不能用 RecurDyn/durability 提供的公式创建 S-N 曲线。这意味在设置疲劳分析的材料时，可以通过选择用户自定义的 S-N 曲线，直接输入从外部实验以及/或者相关资源（应力幅度与周期）获得的数据。
- 正如从雨流计数图中看到的，应力范围和平均应力大约是 UCA_FE 部件结果的 100 倍。



- 可以从疲劳分析结果中得到结论：**LCA** 部件可以在所给负荷条件下使用 1 百万次，因此我们建议通过改变设计来延长产品的耐久性。
- 如果想确定只基于 **Von-Misess** 应力的 **LCA_FE** 部件的稳定性，那么最大应力约为 139 **Mpa**，远小于屈服应力(262 **Mpa**)，如下图所示。因此，这个设计可以被认为是稳定的。但是如果我们有足够重视耐久性，这个设计仍然是需要修改的。

Fatigue Evaluation

Axial Mode Uni-Axial Bi-Axial

Life Criteria

Stress - Based Strain - Based Safety Factor

Life Criterion: User-Defined

Mean Stress Effect: Goodman

B/WI Weld: class B

Num of Std.Deviations: 2.

Searching Increment: 10 Deg

Material

S-N Curve < mm-N >: User-Defined ... S-N

Element / Patch Set: LCA_FE.SetPatch1@Suspension_Assy EL

Time History: History_1 SEL

Occurrence: 1000000. Pv

Fatigue Results

Time Range	Face Node ID	Damage (Max.)	Life (Min.)
History_1	71524,77590,65551	1.	1.

Fatigue Tools Import Calculation OK Cancel

感谢学习本教程!