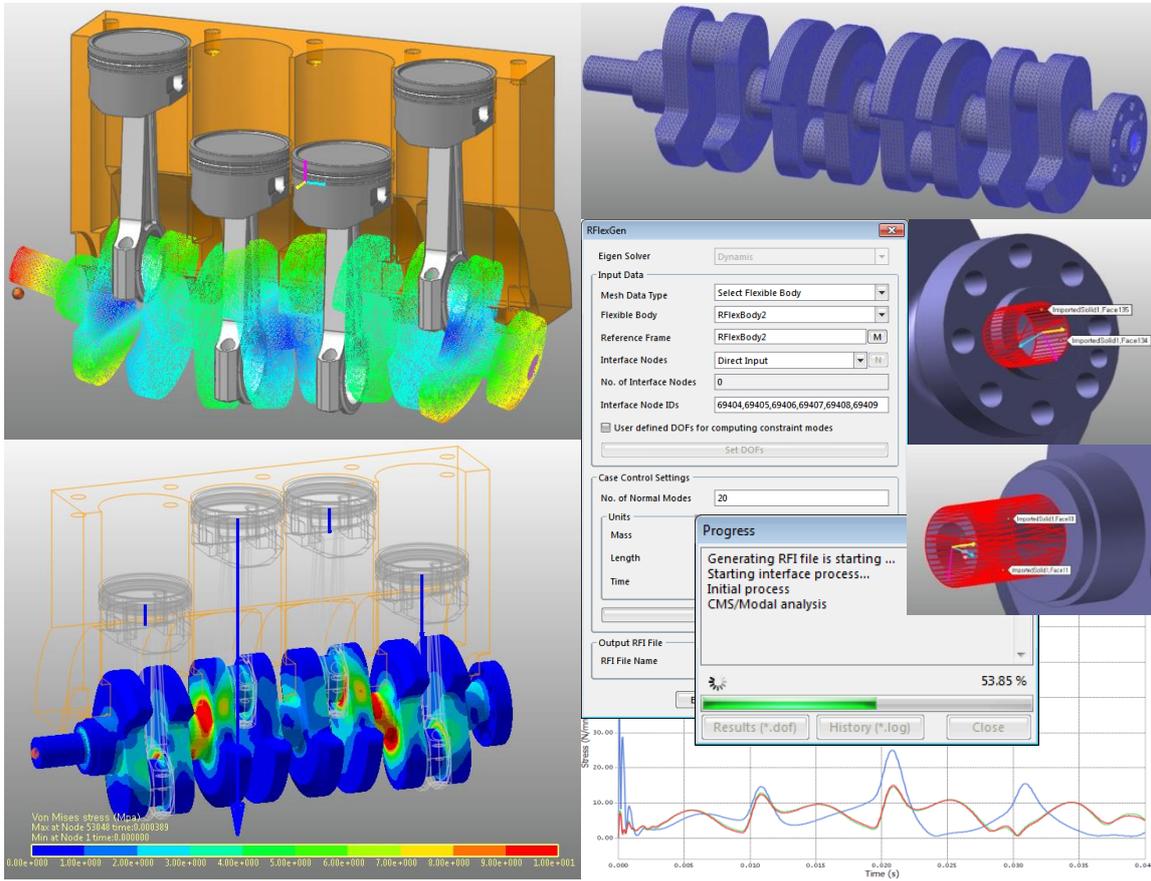




RFlexGen 曲轴教程



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

概述	5
教程目标	5
预备知识	6
任务	6
预计完成本教程的时间	6
打开初始模型	7
任务目标	7
预计完成时间	7
打开 Rdyn 模型	8
在四缸引擎上，运行初始模型	9
创建 FFlex 部件	10
任务目标	10
预计完成时间	10
创建曲轴网格	11
对 FFlex 部件进行动力学分析并观察结果	16
用 RFlexGen 生成 RFlex Body	19
任务目标	19
预计完成时间	19
运行 RFlexGen	20
创建 RFlex Body	24
对 RFlex Body 进行动力学分析并回顾结果	26
再次运行 RFlexGen	30
替换 RFlex Body	32
对 RFlex Body 进行动力学分析并回顾结果	33
分析并回顾结果	34
任务目标	34
预计完成时间	34
分析动力学分析结果	35

Chapter

1

概述

RecurDyn 可以用 **FFlex** 和 **RFlex** 仿真多体动力学模型中的柔性体。创建 **FFlex** 可以简单地对刚体运用 **FFlex/Mesher**, 获得目标柔性体。可是, **RecurDyn V8R2** 之前的版本, 创建 **RFlex** 时, 需要借助单独的有限元(**FE**)软件特征值分析功能。因此, 生成 **RFlex** 部件, 必须利用外部有限元软件求解特征值, 创建相关文件, 然后再用 **RecurDyn** 处理分析生成 **RFlex** 文件。

为了弥补这一缺点, **RecurDyn V8R3** 包含一个功能, 可以用自带的特征解算器创建 **RFI (Reduced Flexible Body Interface)**文件。这个文件可用于生成 **RFlex** 部件。

本教程演示 **RecurDyn** 新功能 **RFlexGen** 的一些优点, 了解如何使用它来创建多体动力学模型中的 **RFlex body**。教程中使用的模型是直列式四缸内燃机, 仿真引擎中的燃烧过程。利用 **FFlex** 或者 **RFlex** 部件来替换曲轴达到此目的。

教程目标

本教程学习:

- 用 **RecurDyn Mesher**, 创建 **FFlex** 部件
- 检查由 **RecurDyn/FFlex** 创建的柔性体的动态特性
- 用 **RecurDyn/RFlexGen** 创建 **FFlex** 部件的 **RFI** 文件
- 用 **RecurDyn/RFlex** 创建 **RFlex** 部件, 并检查其柔性体的动态特性
- 用 **RecurDyn/RFlexGen** 创建 **RFLex** 部件的 **RFI** 文件
- 比较 **FFlex** 部件和 **RFlex** 部件的动态特性
- 总结 **RFlexGen** 功能的优点

预备知识

本教程是针对已经完成了基础教程和 **FFlex/RFlex** 教程的用户。如果没有完成这些教程，那么建议了解本教程之前先完成上述教程。此外，本教程需要有对动力学和有限元法的基本理解。

任务

下表概述了本教程中的任务及其所需要的时间。

任务	持续时间 (分钟)
打开Rdyn模型	10
用Mesher生成FFlex部件	15
FFlex部件的动态特性分析	10
用RFlexGen创建RFI文件	10
用RFlex body代替存在的曲轴	5
RFlex body的动态特性分析	5
用RFlexGen创建另一个RFI文件	5
RFlex body的动态特性分析	5
比较分析结果	10
总计	70



预计完成本教程的时间

本教程教程大概需要 70 分钟完成。

Chapter

2

打开初始模型

任务目标

本章说明如何打开初始模型，运行仿真，并观察四缸引擎运作模型。



预计完成时间

10 分钟

打开 Rdyn 模型

运行 RecurDyn，并打开之前的模型：



1. 双击桌面上的 RecurDyn 图标。



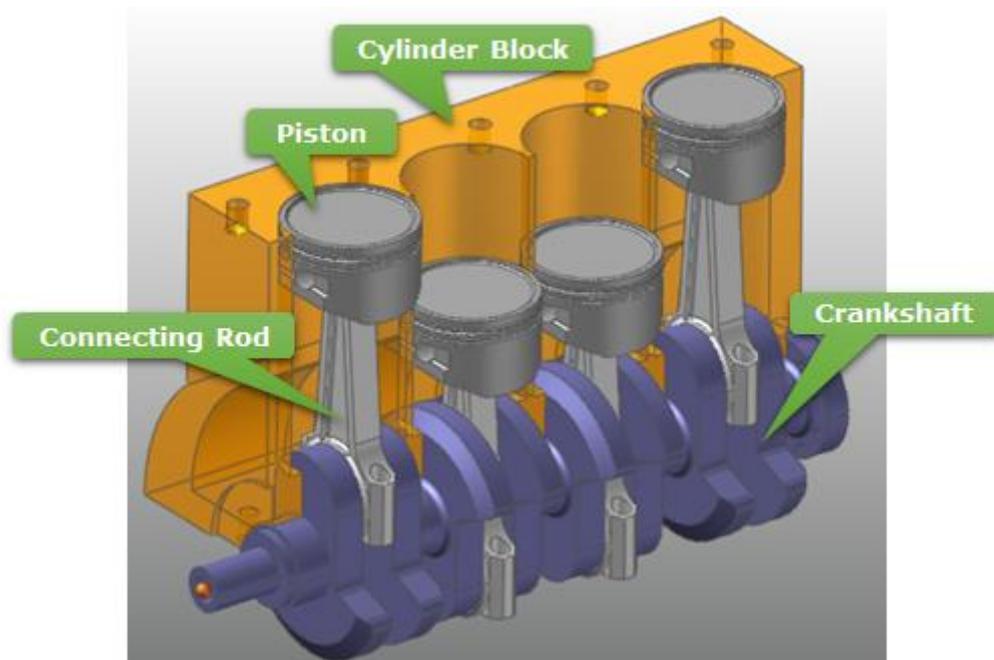
2. 关闭弹出的 Start RecurDyn 对话框。

3. 在 File 菜单中，点击 Open。

4. 在 FlexGen 教程所在的文件夹中，选择 RD_RFlexGen_4Cyl_Engine_Start.rdyn。(文件路径: <Install Dir> \Help \Tutorial \Flexible \RFlexGen。)。

5. 点击 Open。

模型如下所示。



模型配置如下：

模型是四缸直列式发动机，由一个缸体，活塞，连杆和曲轴组成。在实际的发动机中，气缸中的爆炸力驱动活塞下行。这导致连接活塞的连杆和曲轴旋转。用 RecurDyn 来模拟这一过程，在汽缸中爆炸所产生的力转换为在适当的时间驱动每个活塞的力。

保存初始模型

1. 在 File 菜单中，点击 Save As。

(模型需保存到不同的目录，因为无法在教程目录中模拟。)

运行初始四缸引擎模型

为了更好地理解模型的行为，对初始模型进行仿真。

进行初始仿真：



1. 在 **Analysis** 标签的 **SimulationType** 组下，点击 **Dyn/Kin**。

弹出 **Dynamic/Kinematic Analysis** 对话框。

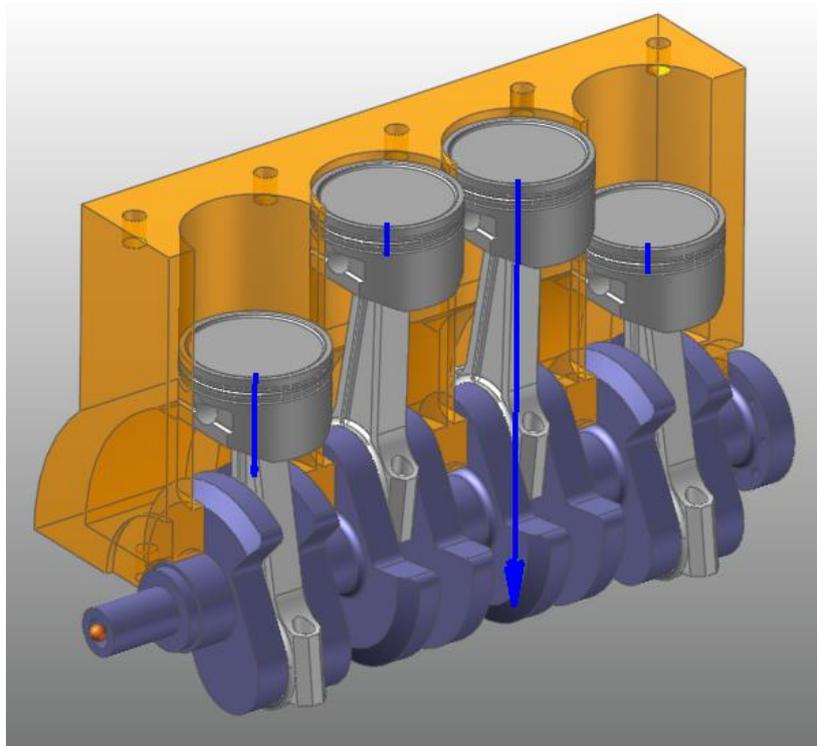
2. 确定仿真条件后，点击 **Simulation**。

查看结果：



- 在 **Analysis** 标签的 **AnimationControl** 组，点击 **Play** 运行仿真。

如果仔细查看模型的运动，可以看到按下列顺序发生燃烧：**Piston_1**（活塞 1）
→Piston_3（活塞 3）**→Piston_4**（活塞 4）**→Piston_2**（活塞 2）。在动画中，用加长的箭头表示动画中的力。虽然一个典型的四缸引擎运动由吸气**→**压缩**→**燃烧**→**排气过程组成，只有燃烧产生的力才是有意义的。因此，将爆破力转化为在合适时间上对各活塞作用的力。



创建FFlex 部件

为了分析引擎模型的柔性多体动力学(MFBD)，必须把曲轴转换为柔性体(FFlex 部件)。这个过程保持了前面模型的大部分元素，如运动副和力。

任务目标

本章说明如何用 RecurDyn FFlex 提供的 Mesher，将刚性体转化为柔性体。



预计完成时间

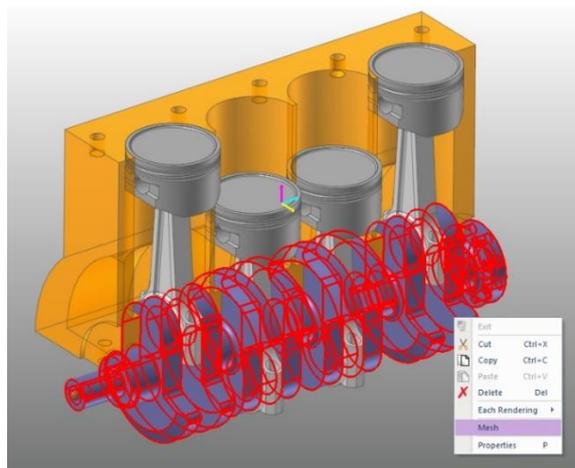
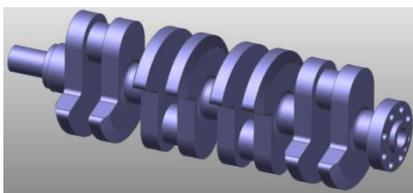
15 分钟

创建曲轴网格

创建曲轴网格:

1. 在 **Assembly** 模式下，选择 **Crankshaft Body**。
2. 右键点击屏幕，显示如右图的上下文菜单，点击 **Mesh**。

如右图所示，**Mesh** 模式仅显示 **crankshaft body**。



3. 在 **Mesher** 标签的 **Mesher** 组中，点击 **Assist**。

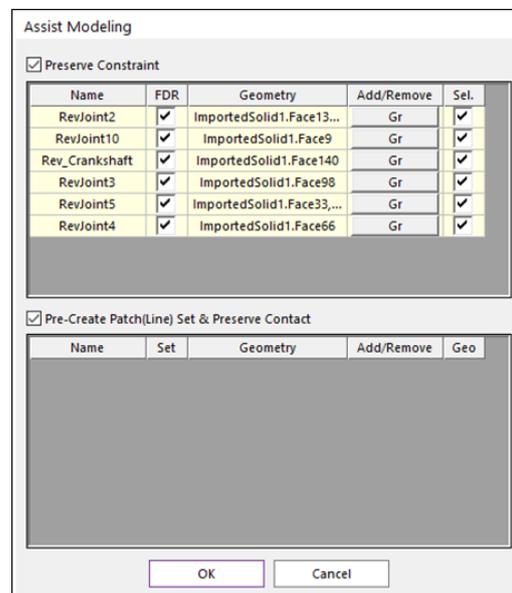
弹出 **Assist Modeling** 对话框。

4. 在 **Assist Modeling** 对话框中，点击 **B** 键，然后选择 **crankshaft** 作为 **Target Body** 选项。

因为曲轴的几何体名为 **ImportedSolid1**，**ImportedSolid1** 的曲轴显示为目标部件。

5. 选择 **Preserve Constraint** 项。

与曲轴连接的运动副出现在 **Assist Modeling** 对话框，如右图所示。



小贴士: 用户在选择 **Target Body** 后，**Preserve Constraint** 中的 **Geometries** 将自动应用到 **Assist Modeling** 对话框中。这是因为 **RecurDyn V8R4** 有自动选择 **geometries** 作为从属结点的功能。然而以下步骤能产生更精确结果，尤其是在本教程中。并且，**RecurDyn V8R4** 有修改几何参数的功能。具体而言，该功能允许用户使用 **Flexible Toolbar** 中的 **Select State**。这样，用户可以更加简单地修改几何参数。

6. 在 **Assist Modeling** 对话框中，勾选 **FDR** 和 **SeI** 列的所有复选框。

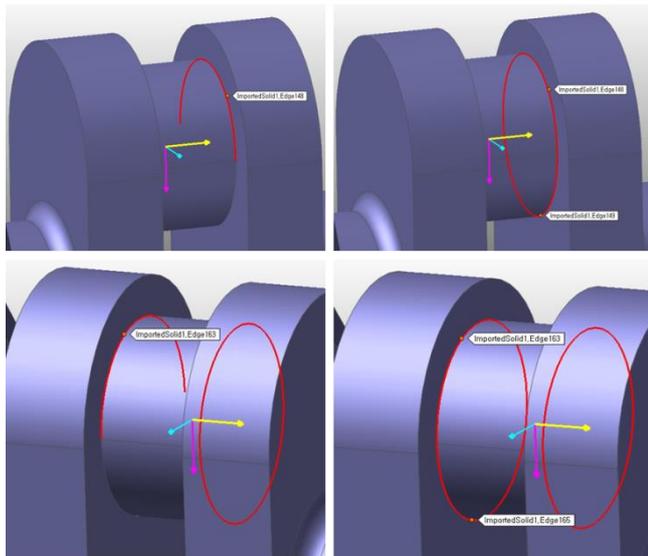
创建网格后，**FDR** 列的复选框来确定是否生成 **FDR (Force Distributed Rigid)**单元。
Se 列的复选框，来确定是否保留原有的力和运动副。在本教程中，需选择所有复选框。

7. 在 **Assist Modeling** 对话框中，在 **RevJoint2** 右边的 **Add/Remove** 列中，点击 **Gr** 按钮。然后点击 **RevJoint2** 周围的几何图形，将它们设置为 **slave nodes**。

令围绕主结点的边缘成为 **RevJoint2 (slave nodes)** 的从结点。

8. 选择 **RevJoint2** 主结点的所有四个圆弧边，然后右键点击结点，在上下文菜单中，点击 **Finish Operation**。

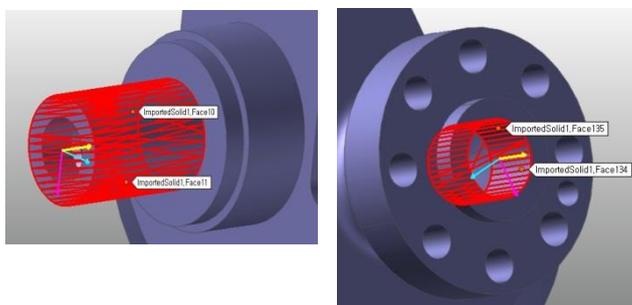
*小贴士：点击 **Gr** 按钮，显示主结点的标志，可以轻松看到创建从结点的位置。*



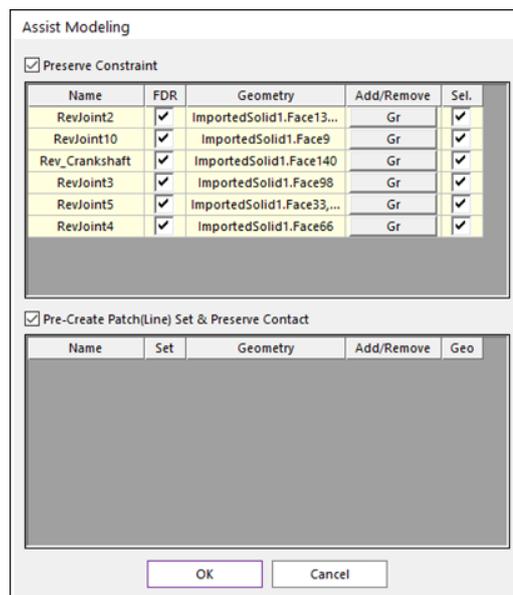
小贴士：为了在正确的位置上，显示已选择边的提示，如上所示，在工具栏，点击对齐网格按钮。



9. 重复上述步骤，创建从结点 **RevJoint3**, **RevJoint4** 和 **RevJoint5**。可是，**RevJoint10** 和 **Rev_Crankshaft** 仅需选择如下所示的两个面。



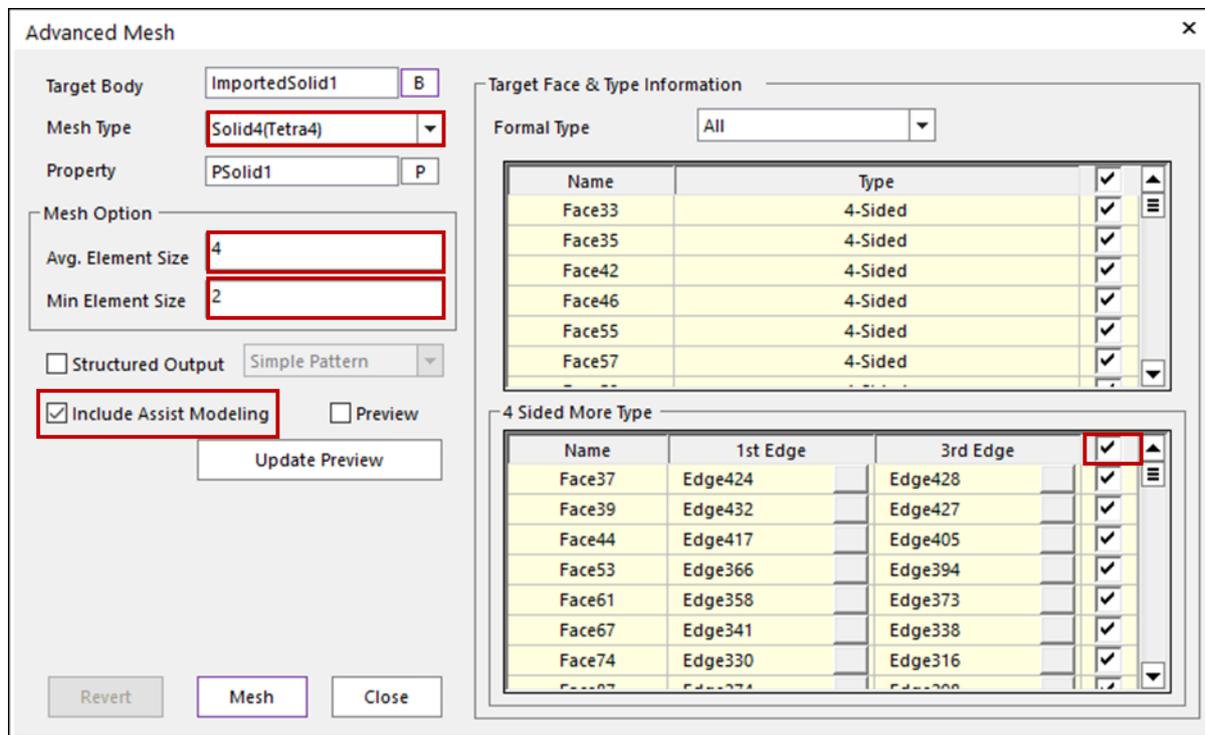
10. 然后点击 **OK**。



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



弹出 **Advanced Mesh** 对话框。



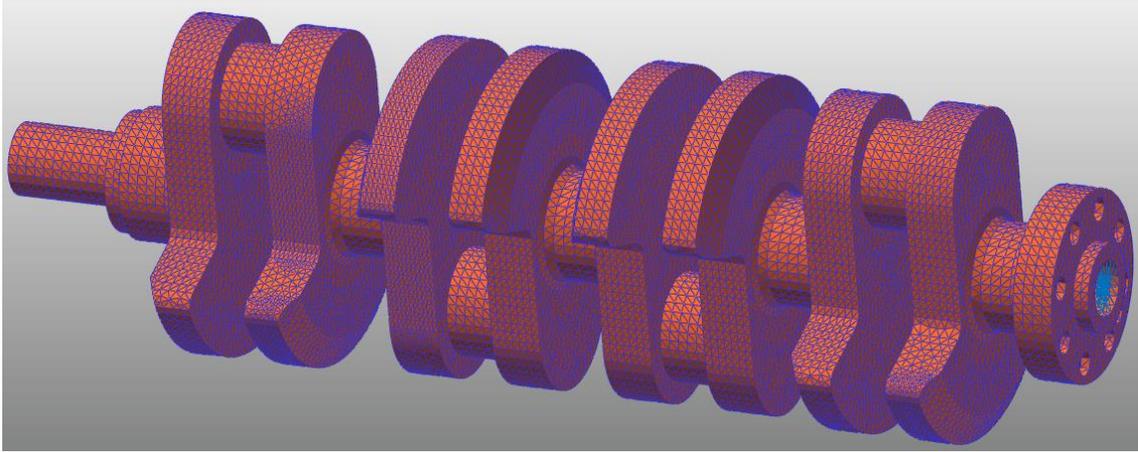
12. 在 **Advanced Mesh** 对话框中，进行以下操作：

- 在 **Mesh Type** 下拉菜单中，选择 **Solid4(Tetra4)**。
- 在 **Mesh Option** 组中，将 **Avg.Element Size** 设置为 4，将 **Min Element Size** 设置为 2。
- 为了将 **4 Side More Type** 列表中 **face** 项全部改为 **4 Side Type**，勾选 **3rd Edge** 右边的复选框。
- 选择 **Include Assist Modeling** 项。

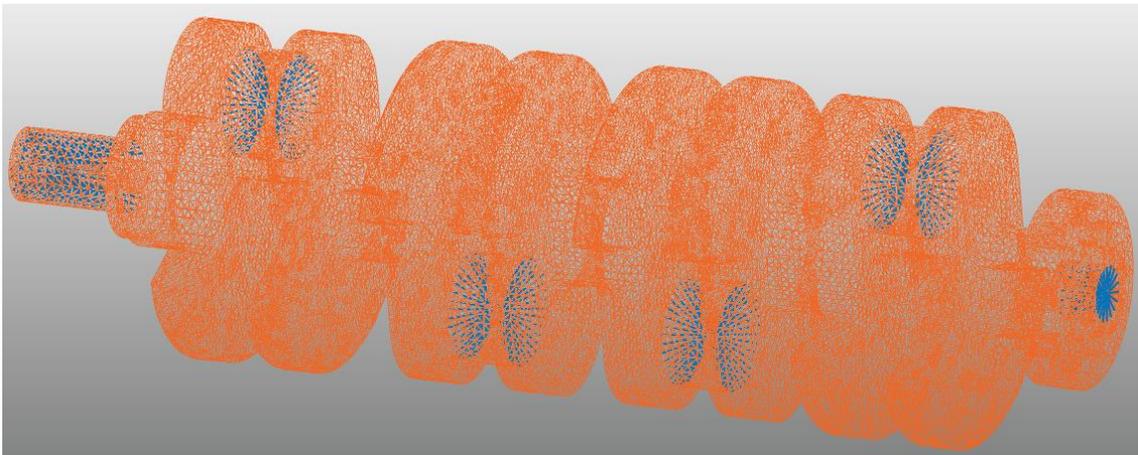
*小贴士：必须勾选这一选项，并根据 **Assist Modeling** 对话框指定的条件，自动生成 **FDR** 元素。*

- 点击 **Mesh**。
- 网格化完成后，点击 **Close**。

对曲轴的网格划分完成，如下图所示。



将 **view** 模式改为 **Wireframe**。然后在数据库中点击 PFDR_1 查看曲轴的 **FDR**，如下图所示。

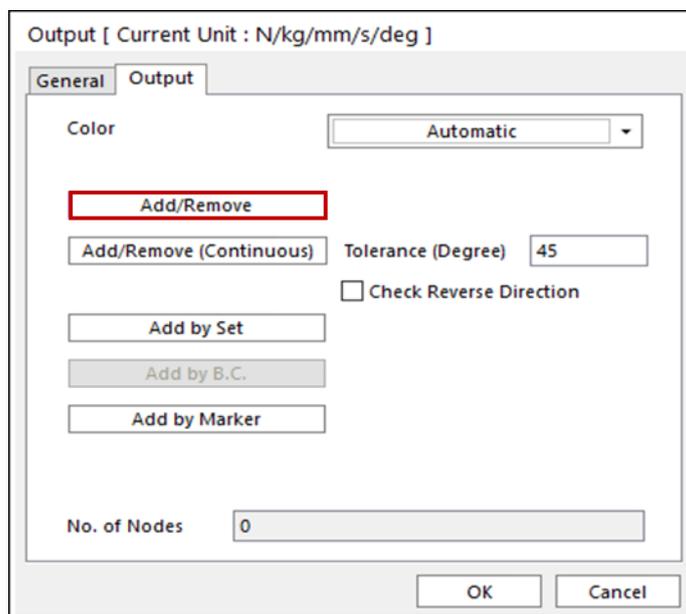


小贴士: *RecurDyn Mesh* 模式包括两个 *auto-meshers* (自动网格化): *Mesh* 和 *Advanced Mesh*。*Mesh* 在生成网格前, 在 *GUI* 上将几何体离散。*Advanced Mesh* 跳过离散步骤而直接生成网格。这样做, *Advanced Mesh* 使得 *CAD* 几何体的扭曲最小化。可是, *Advanced Mesh* 也增加了生成网格的失败率。

为了使用 *Advanced Mesh* 改进网格质量, 将 *4-Side More Type* 列表中的所有 *face* 项改为 *4-Side Type*, 如上所述。



13. 为了查看曲轴的某特定结点的应力结果的绘图，点击位于 **Mehser** 中 **FFlex Edit** 组的 **Output**。



14. 在 **Output** 对话框中，进行以下操作：

- 点击 **Add/Remove**。
- 在 **Command Input Toolbar** 中的 **Input Window**，输入 **438** (结点数)，然后按 **enter** 键。



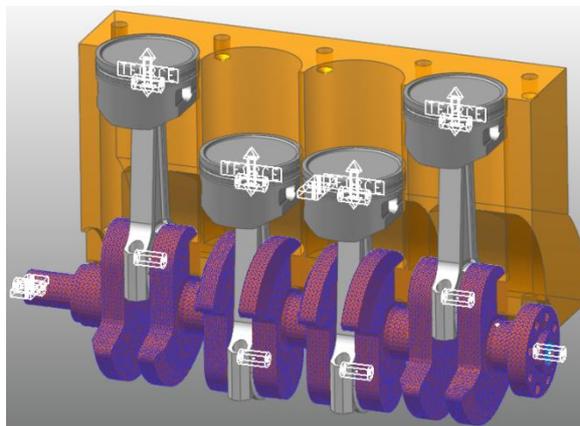
- 右键工作窗口，显示上下文菜单，点击 **Finish Operation**。
- 在 **Output** 对话框中，在数据库窗口，点击 **OK**，创建 **Output1**。

15. 执行以下操作回到之前的模式：

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



之前的 **crankshaft rigidbody** 被 **crank shaft flexible body (Crankshaft_FE)** 替换，如下图所示。可是，力与运动副与之前的一样。点击工具栏中的 **Icon Control**，选择模型框的所有图标。(点击 **All Icons**)

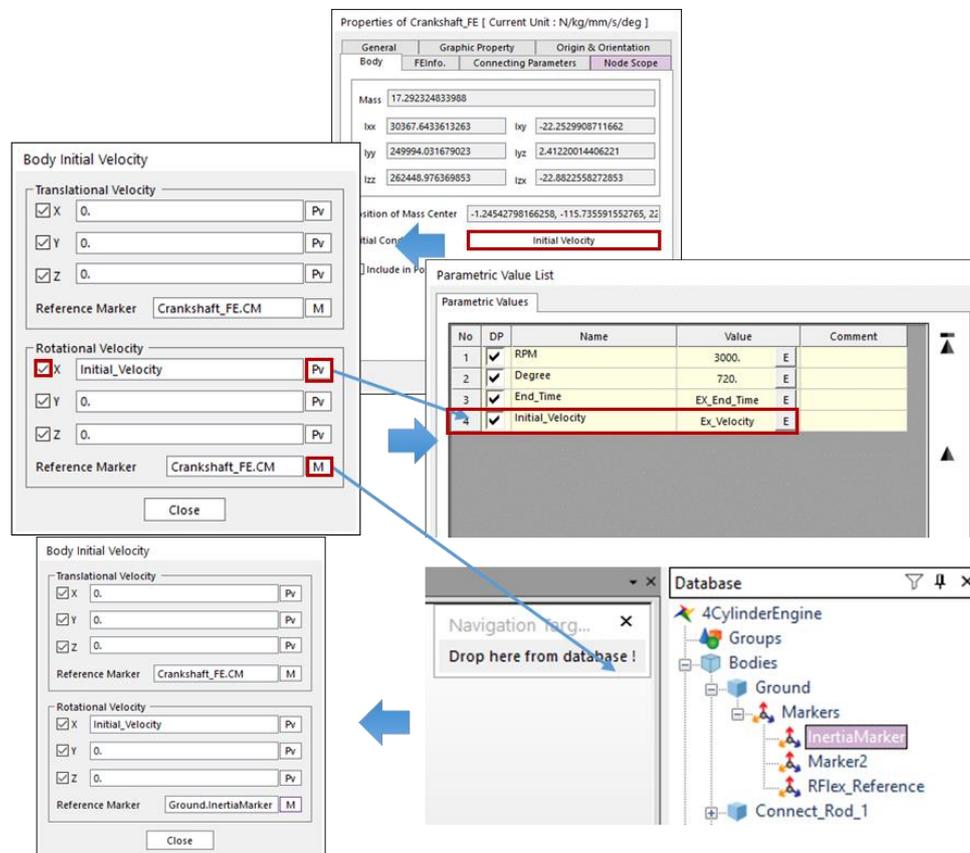


对FFlex 部件进行动力学分析并观察结果

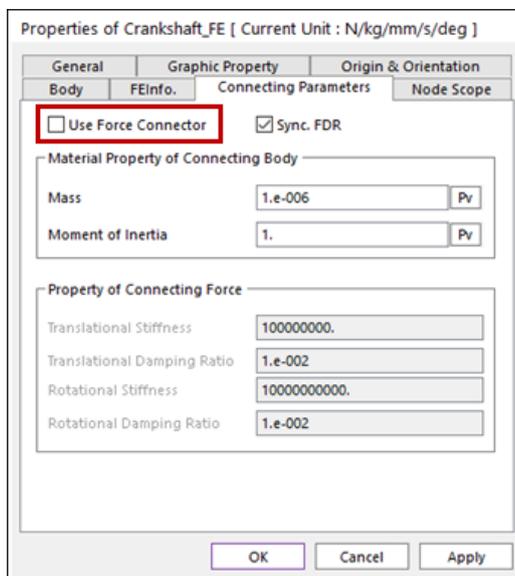
对 FFlex 部件进行动力学分析:

1. 将模型另存为 RD_RFlexGen_4Cyl_Engine_FFlex.rdyn。
2. 选择 Crankshaft_FE，右键点击屏幕，弹出上下文菜单，然后点击 **Properties**。
弹出 **Properties of Crankshaft_FE** 对话框。
3. 在对话框中的 **Body** 选项中，点击 **Initial Velocity**。
4. 在 **Body Initial Velocity** 对话框中，进行下列操作：
 - 选择 **Rotational Velocity** 组中的 **X**，然后点击 **PV** 键。
 - 选择 **Initial_Velocity**。
 - 在 **ReferenceMarker** 栏中，点击 **M** 键。
 - 在 **Ground** 下的 **Database** 窗口中，点击 **Inertia Marker**，并将其拖进 **Navigation Target** 窗口中，点击 **Close**，关闭对话框。

下图显示整个操作过程



- 在 **Properties of Crankshaft_FE** 对话框的 **Connecting Parameters** 标签中，取消 **Use Force Connector** 复选框的勾选。



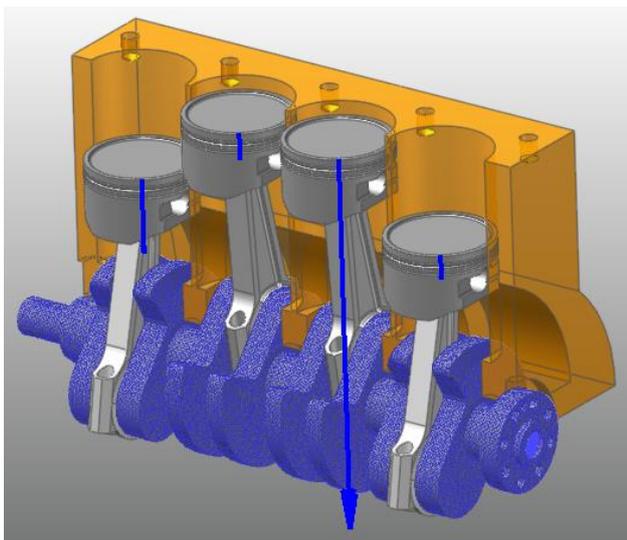
- 点击 **OK**，关闭对话框。

小贴士： 如果运动副和力与柔性体连接，**RecurDyn 求解器**会在运动副或力的坐标上建立虚拟的构件模拟运动副或力，来提高计算效率。即使用高强度力单元，将虚拟构件与柔性体连接。在本教程中，我们完全不考虑该虚拟构件的力的要素，因为该运动副连接的是刚性的连杆和柔性曲轴。因此，尽管 **FDR** 可分为力和约束两部分，但在本教程中我们排除力元素，以便更实际地模拟出柔性体的动态特性，但也需要更多的时间来分析模型。

- 在 **Analysis** 标签中，点击 **Dyn/Kin**。
- 在 **Dynamic/Kinematic Analysis** 对话框中，点击 **Simulation**，在默认设置下运行仿真。

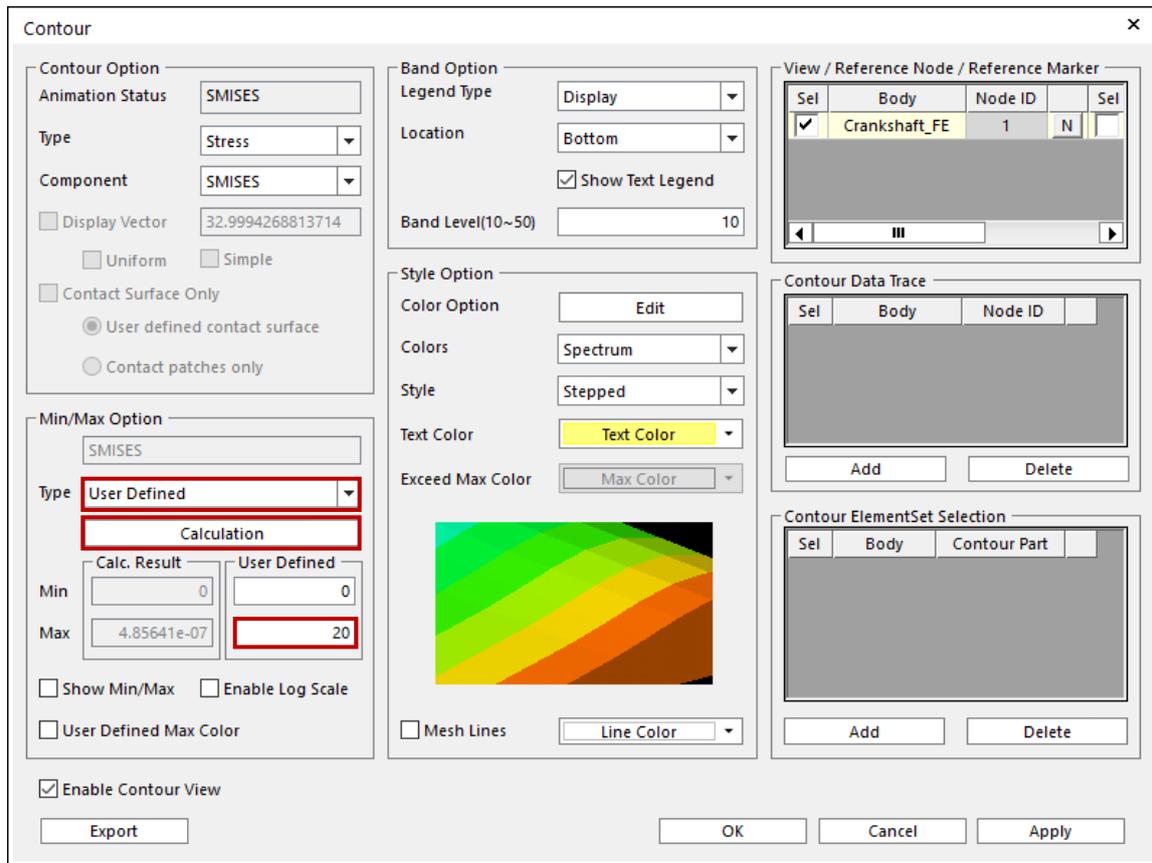
分析所需要的时间取决于电脑的配置，通常需要一个小时。一旦分析完成，会播放动画，动画演示结果应该非常类似于之前的刚性曲轴的模拟结果。

如果只想知道如何使用 **RFlexGen**，可以直接跳过神下的步骤，在第四章直接进行。





9. 在 FFlex 标签中, 点击 Contour。



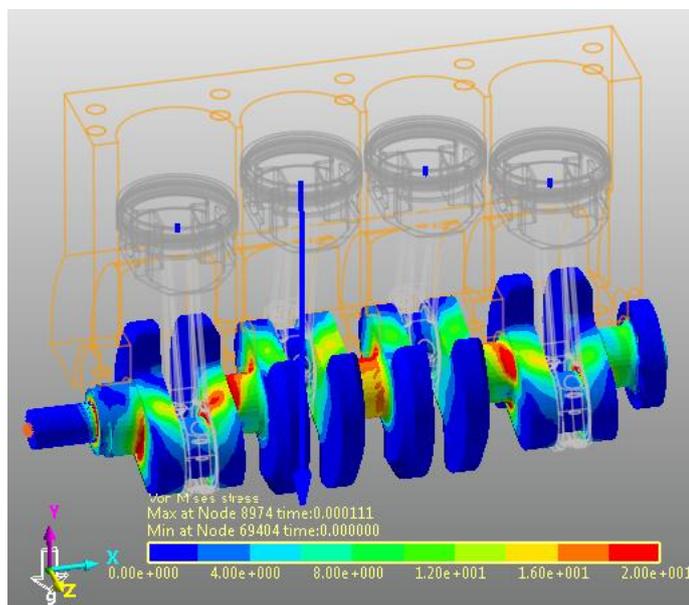
10. 在弹出的 Contour 对话框中, 进行以下操作:

- 在 Min/Max Option 组中, 点击 Calculation。
- 在 Min/Max Option 组中, 将 Type 设置为 UserDefined。
- 在 Max 文本框中, 输入 20。
- 点击 OK, 关闭对话框。



11. 点击 Animation Play.

结果应如右图所示。



Chapter

4

利用 RFlexGen 生成 RFlex 部件

任务目标

本章学习如何用 **RFlexGen** 将 **FFlex** 部件转换成 **RFlex** 部件。



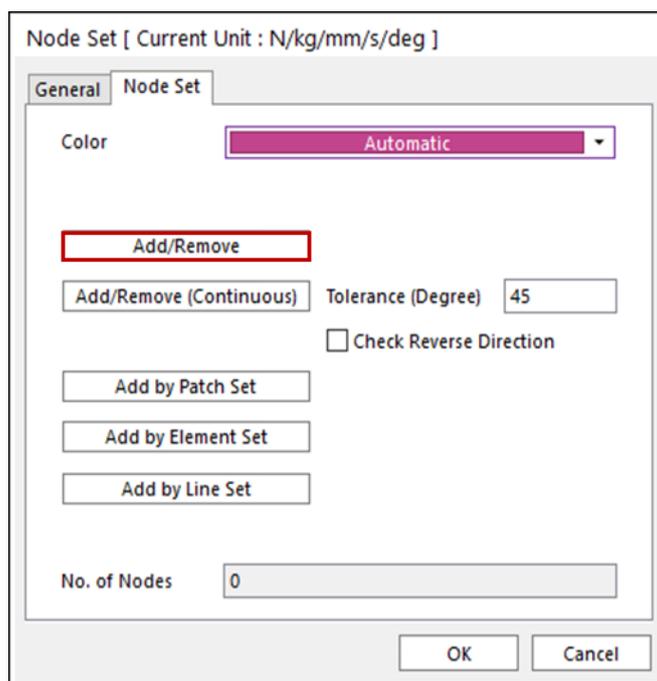
预计完成时间

40 分钟

运行 RFlexGen

创建结点集:

1. 双击 Crankshaft_FE body, 进入 FFlex editing mode。
2. 在 FFlex Edit 标签的 Set 组中, 点击 Node。
3. 在弹出的 Node Set 对话框中, 进行以下操作:



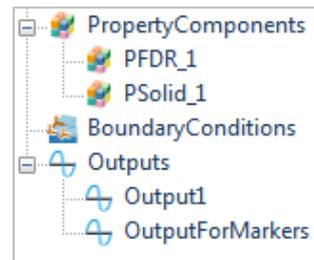
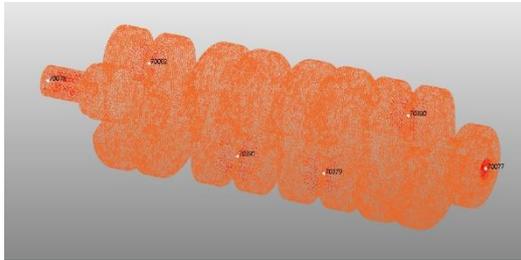
- 点击 Add/Remove。
- 在 Command Input 工具栏的 Input 窗口中, 输入 70078,70081,70082,70079,70080,70077 作为结点数, 然后按 Enter。



- 右键工作窗口, 弹出上下文菜单, 点击 Finish Operation。
- 在 Node Set 对话框中, 确定 No of Nodes 为 6。
- 点击 OK, 在数据库窗口创建 SetNode1。

小贴士: 为了定义生成 RFlex body 的界面结点, 在应用 RFlexGen 功能之前必须创建结点集。模态综合分析 (CMS) 时, 界面节点会在正交模式上增加约束模态, 而 RFlex 部件与力和运动副之间的连接存在约束模式。因此, 使用 RFlexGen 功能之前, 必须先定义界面结点。

对于柔性曲轴，通过运动副与活塞杆连接的结点，变成界面结点。这些结点位于柔性体上，在装配模式下，很难定义界面结点。因此，我们建议在 **FFlex** 编辑模式上设置界面结点，而不是在模型框上直接选择界面结点。为显示模型的界面结点 **ID**，在数据库窗口，点击 **OutputForMarkers**。Mesher 的 **Assit Modeling** 函数自动生成包含刚体模型中的运动副坐标处的结点信息，。

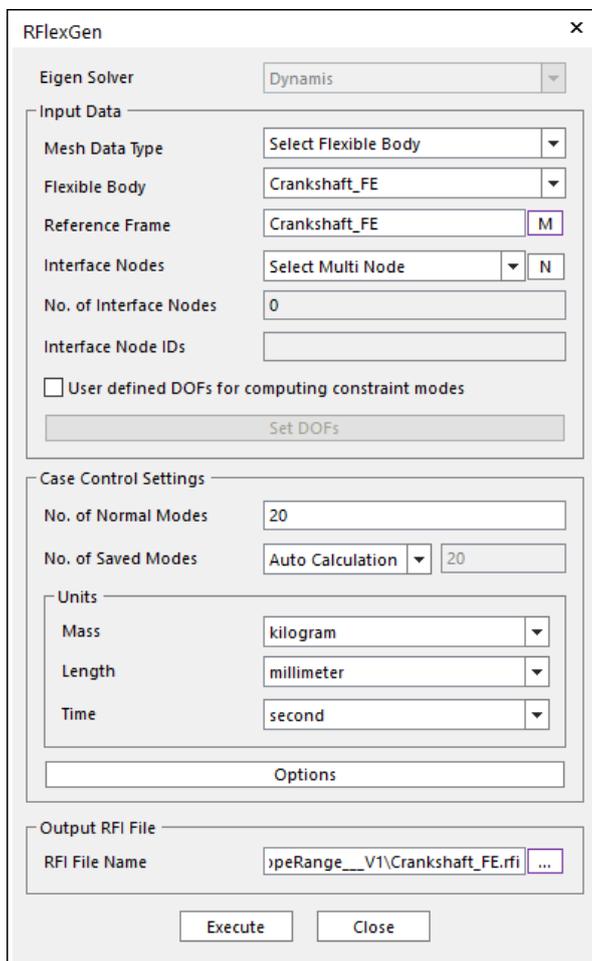


-
4. 在 **FFlex Edit** 标签的 **Exit** 组中，点击 **Exit**，回到原来的模式。

运行 RFlexGen:

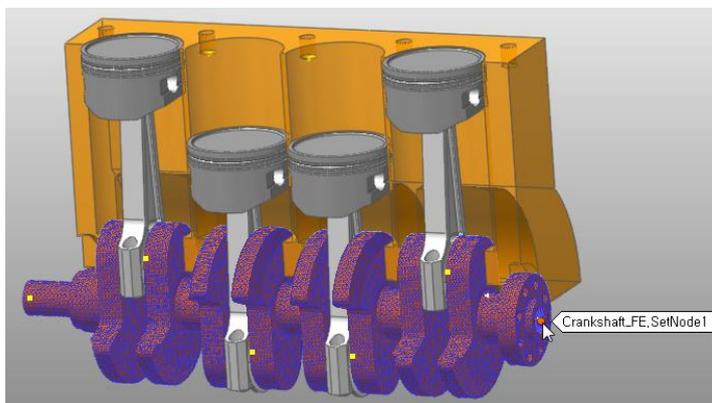
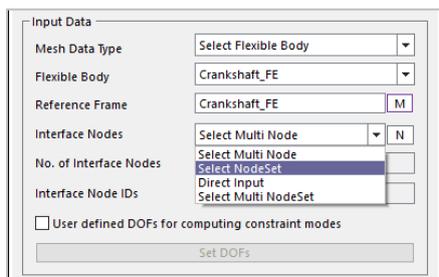


1. 在 Flexible 标签的 Flex Interface 组中, 点击 RFlexGen。



在这个教程中, **Crankshaft_FE** 是仅有的 **FFlex** 部件。因此, **FFlex** 部件和 **Reference Frame** 即为默认项, 如上图所示。

2. 在 **Interface Nodes** 下拉菜单中, 选择 **Select Node Set**, 然后点击 **N**, 并选择之前在模型框上创建的结点集。



在 RFlexGen 对话框中，进行下列操作：

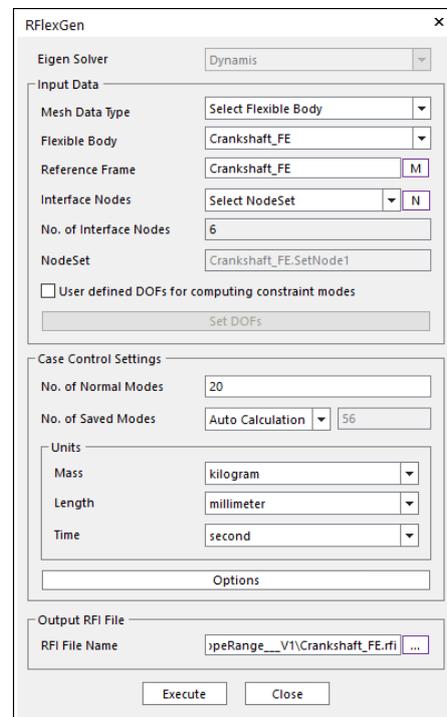
- 在 **Case Control Settings** 组中，将 **No. of Normal Modes** 设置为 20。
- 在 **Units** 组中，保持默认设置。

如果 **FFlex** 部件是由 **RecurDyn/Mesher** 生成的，不需要更改 **units** 项。

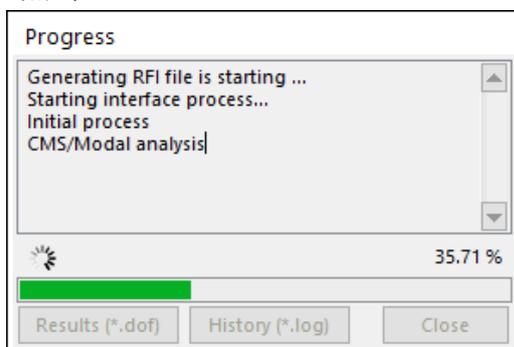
- 点击...，然后指定 **RFI** 文件的名称和文件夹路径。

在指定文件路径时，一定也要包括文件名。

- 确保设置如右图所示。



3. 完成设置后，点击 **Execute**。



等特征值解算器执行组件模态综合(CMS)分析。

小贴士: 点击 **History (*.log)** 键观察 **CMS** 分析的细节。如果在分析时出现问题，检查 **log** 文件。点击 **Results (*.dof)** 键，查看分析后的每个模态特征值结果。

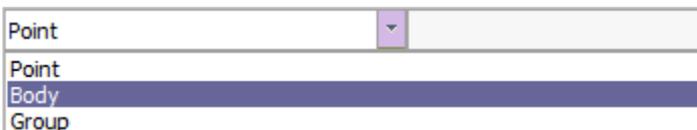
4. 分析完成后，点击 **Close**，关闭 RFlexGen 运行窗口。

创建 RFlex Body

创建 RFlex body:

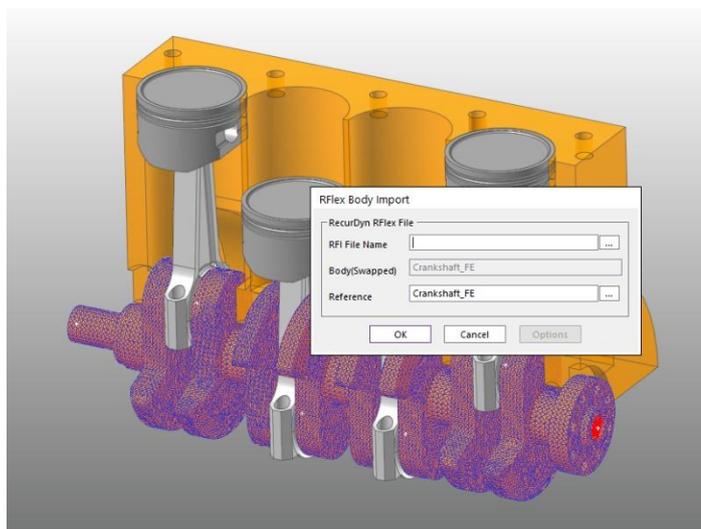


1. 在 Flexible 标签的 RFlex 组中，点击 Import RFI。
2. 将 modeling option 改为 Body。
3. 在模型框中，如下图所示，选择 Crankshaft_FE。



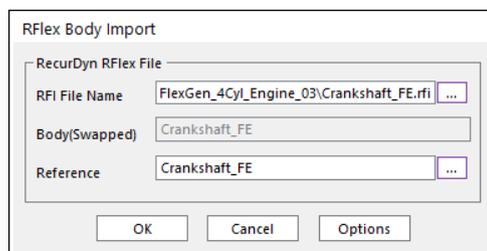
弹出 RFlex Body Import 对话框。

4. 在 RFlex Body Import 对话框中，进行以下操作：
 - 点击位于 RFIFileName 右边的...
 - 选择在 Running RFlexGen 创建的 RFI 文件。
 - 点击 Reference 右边的...，然后选择 Crankshaft_FE。
(确定 Reference 窗口显示是 Crankshaft_FE.)



小贴士: 可以使用 Reference 中的 FFlex body 或者 RFlex body 的名字，使用默认的柔性体的参考系。因此，上述过程设置的曲轴 FFlex body 参考系是 Flex body，而非 body 的中心坐标 (CM)。

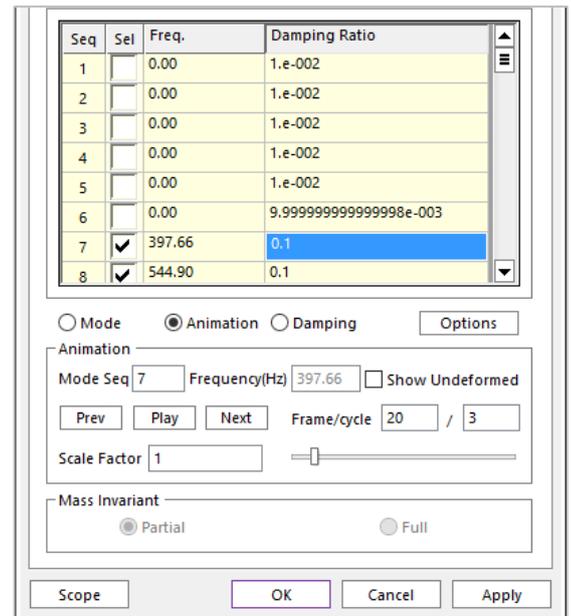
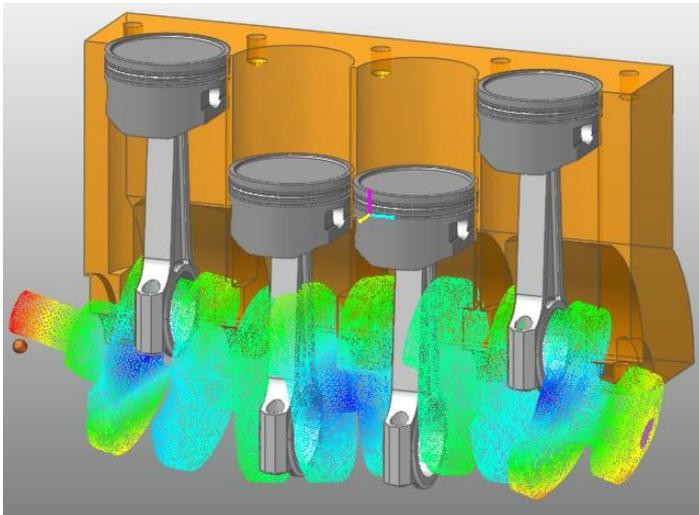
5. 确保的设置如右图所示后，然后点击 OK。





6. 点击工具栏中的 **Icon Control**。
7. 在 **Icon Control** 对话框中，选择 **All Icons**。
8. 在模型框中，确保所有应用到曲轴的运动副，同样应用到 **RFlexBody1**。
9. 确定运动副之后，取消 **Icon Control** 对话框中的复选框。
10. 在数据库窗口中，双击 **RFlex body**，打开 **Property**（属性）对话框。
11. 在 **Property** 对话框中，进行以下操作：
 1. 勾选 **7th mode**，如右图所示。
 2. 点击 **Play**，去查看已选择模态的特性，动画如下图所示。

可以通过上面的步骤，改变模态数，以查看其它模态的特性。

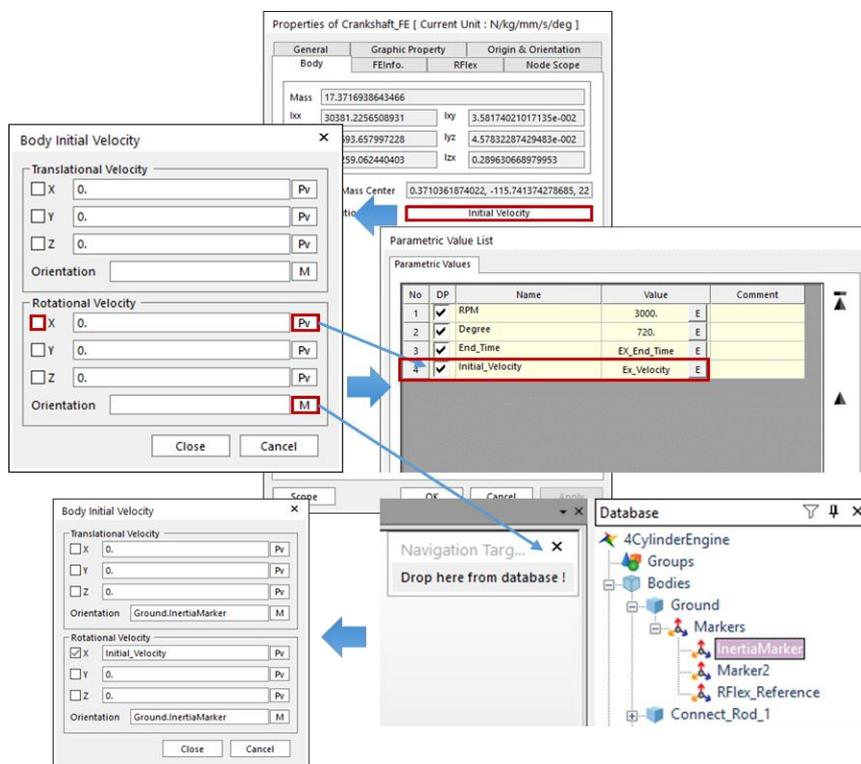


对 RFlex Body 进行动力学分析并检查结果

对 RFlex body 进行动力学分析:

1. 右键点击 **Crankshaft_FE**，显示上下文菜单，然后点击 **Properties**。
弹出 **Properties of Crankshaft_FE** 对话框。
2. 在 **Properties of Crankshaft_FE** 对话框中的 **Body** 选项中，点击 **initial Velocity**。
3. 在 **Body Initial Velocity** 对话框中，进行以下操作：
 - 在 **Rotational Velocity** 选择 **X**，并点击 **PV** 键。
 - 选择 **Initial_Velocity**。
 - 在 **ReferenceMarker** 选项，点击 **M** 键。
 - 在 **Ground** 下的数据库窗口中，点击 **Inertia Marker**，并将其拖到 **Navigation Target** 窗口，点击 **Close**，关闭对话框。

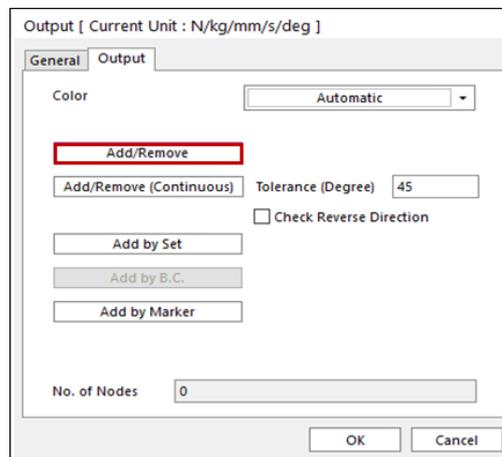
下图显示整个操作过程。





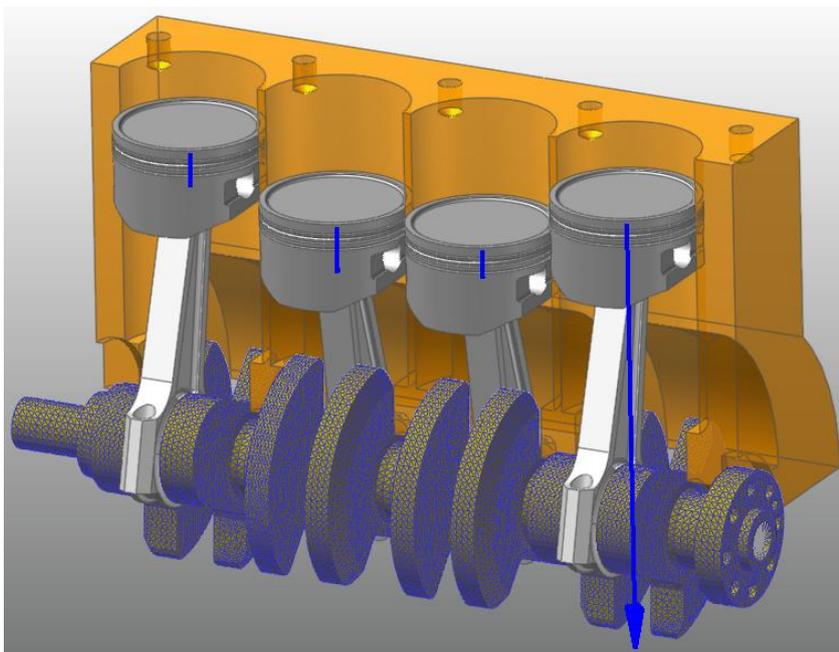
4. 在数据库中，双击 **Crankshaft_FE**，进入 **RFlex Edit** 模式。
5. 为了看到 **Crankshaft_FE** 特定结点的应力结果，点击 **RFlexEdit** 菜单中的 **Output**。
6. 在 **Output** 对话框中，进行以下操作：

- 点击 **Add/Remove**
- 在 **Command Input** 的输入窗口中，输入 438 (结点数)，然后回车。
- 右键点击屏幕，显示上下文菜单，并点击 **Finish Operation**。
- 在 **Output** 对话框中，点击 **OK**，在 **Database** 中创建 **Output1**。



7. 右键点击屏幕，显示上下文菜单，并点击 **Exit**。
8. 在 **Analysis** 选项中，点击 **Dyn/Kin**，打开 **Dynamic/Kinematic Analysis** 对话框。
9. 在 **Dynamic/Kinematic Analysis** 对话框中，点击 **Simulation** 运行仿真，无需其它设置。

大概 10 秒后，可以看到类似于前面曲轴的视频。分析的持续时间取决于使用的是 **FFlex** 部件还是 **RFlex** 部件。建议采用合适的模型，以提高分析效率。

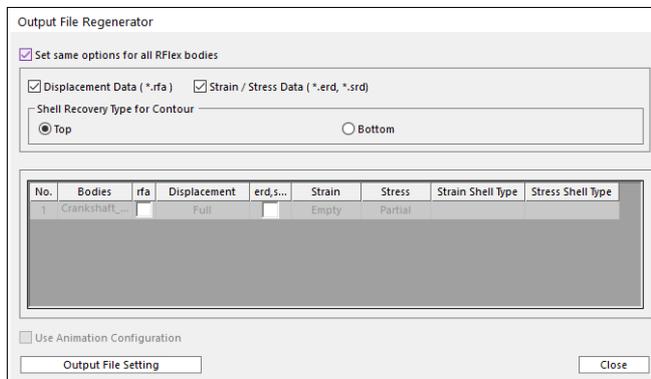


显示 RFlex body 的应力分析结果:



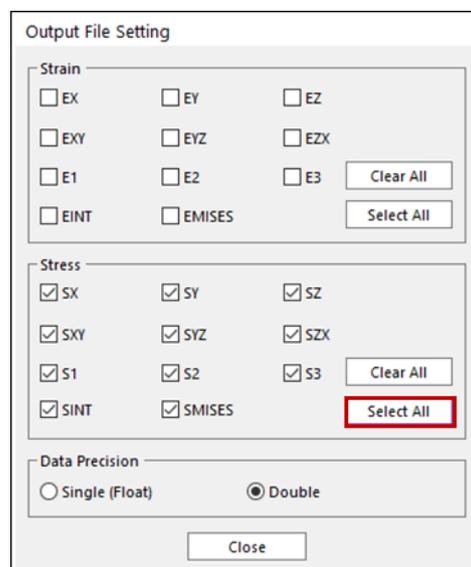
1. 在 Flexible 标签的 RFlex 组中, 点击 Contour 下拉菜单, 并点击 Output Regenerator。

弹出 Output File Regenerator 对话框, 如右图所示。



2. 勾选所有复选框。
3. 点击对话框右下方的 OutputFileSetting。

弹出 Output File Setting 对话框, 如右图所示。

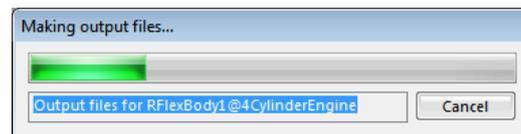


4. 在 Stress 组中, 点击 Select All。
5. 点击 Close。

小贴士: 当创建输出文件时, 为减小文件大小, 只包含 Von-Mises, Sx, Sy 和 Sz tests。如果要在云图中, 查看其它结果, 必须选择其它 tests。

6. 在 Output File Regenerator 对话框中, 点击 Generate。

当进度条完成后, 信息组的 Stress 列, 将会从 Empty 变为 Full。.



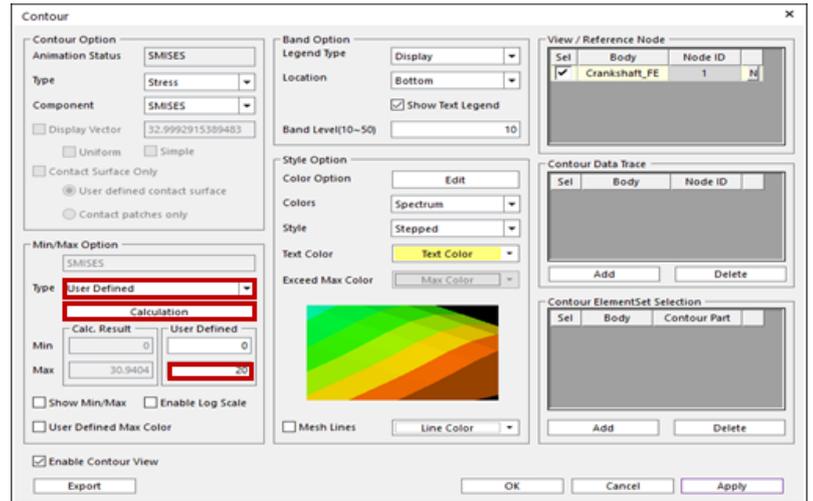
(小贴士: 如果输出文件是用默认值创建的, 那么 Stress 列变为 Partial 而非 Full。这是因为, 在这 11 个选项中, 只包括 Von-Mises, Sx, Sy 和 Sz。)



7. 在 Flexible 标签的 RFlex 组中, 点击 Contour 打开 Contour 对话框。

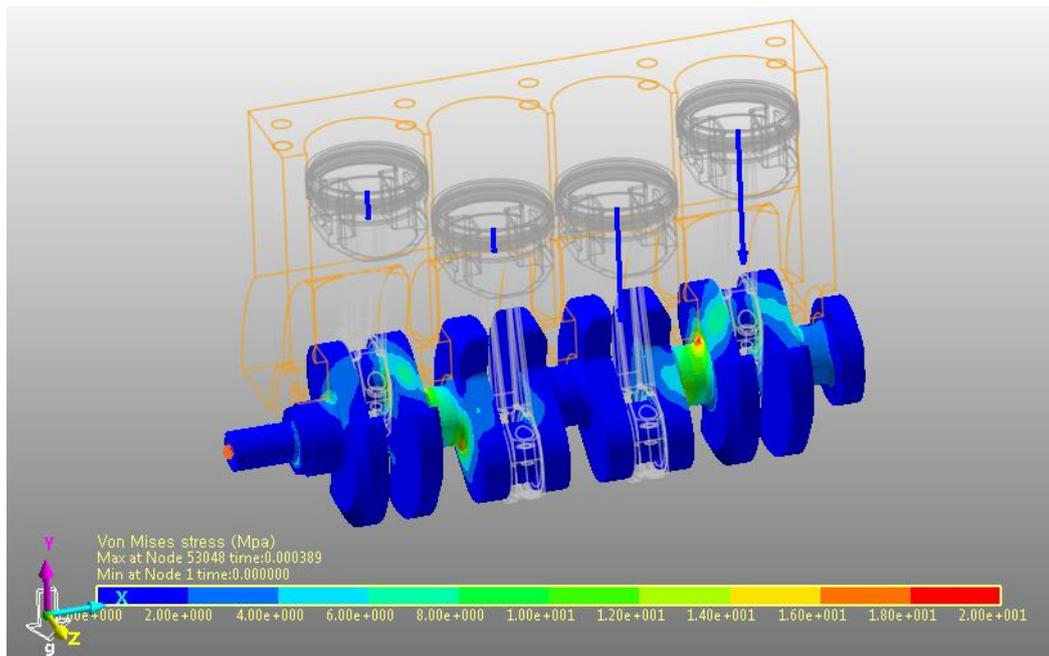
8. 在 **Contour** 对话框中，进行以下操作：

- 在 **Min/Max Option** 组中，点击 **Calculation**。
- 在 **Min/Max Option** 组中，将 **Type** 设置为 **UserDefined**。
- 在 **Max** 输入框中，输入 20。
- 点击 **OK**，关闭对话框。



9. 点击 **Animation Play**。

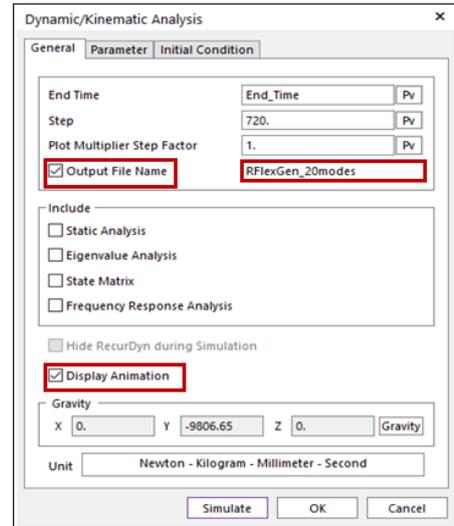
将会看到下面的结果。



10. 在 **Analysis** 标签中，点击 **Dyn/Kin**，打开 **Dynamic/Kinematic** 对话框。

11. 在 **Dynamic/Kinematic** 对话框中, 进行以下操作:

1. 选择 **Output File Name**。
2. 在 **Output File Name** 输入框中, 输入 **RFlexGen_20modes**。
3. 勾选 **Display Animation** 复选框, 分析完成后, 播放动画。



小贴士: 由于前面已经分析过, 不需要再分析来查看结果。但是要用 *plot* 功能查看 **RFlex body** 上指定结点的应力结果, 就必须再次分析。因为对 **RFlex body** 的初始分析不包括应力状态, 所以后处理的绘图结果(*.rplt file)中不包括其他应力tests。因此, 为了查看 **RFlex body** 上指定结点的应力应变状态, 在进行分析前, 必须将应力或应变状态设置应用到 **RFlex body**。

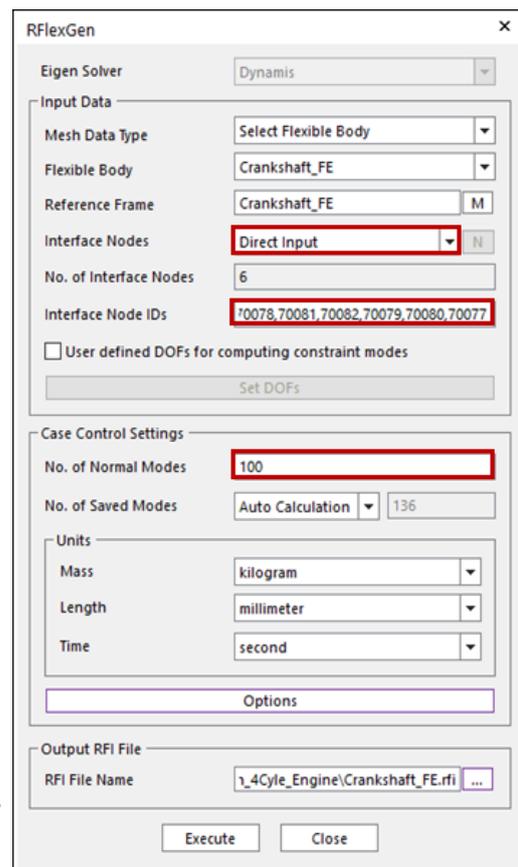
再次运行 RFlexGen

为增加模态数, 并重复分析, 进行以下操作:

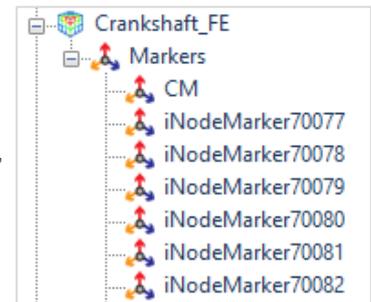
1. 在 **Flexible** 标签的 **Flex Interface** 组中, 点击 **RFlexGen**。

在 **Generate RFI** 对话框中, 可以看到 **Flexible Body** 和 **Reference Frame** 与之前创建的 **RFlex body** 相匹配。这不同于之前打开 **RFlexGen** 对话框。

2. 在 **Interface Nodes** 下拉菜单中, 选择 **Direct Input**。
3. 在 **Interface Node IDs** 项中, 输入 70078,70081,70082,70079,70080,70077。
4. 在 **RFlexGen** 对话框, 进行以下操作:
 1. 在 **No. of Normal Modes** 项中输入 100。
 2. 在 **Units** 组中, 保持默认设置。
 3. 在 **Output RFI File** 组, 点击..., 指定 **RFI** 文件的名称和路径。



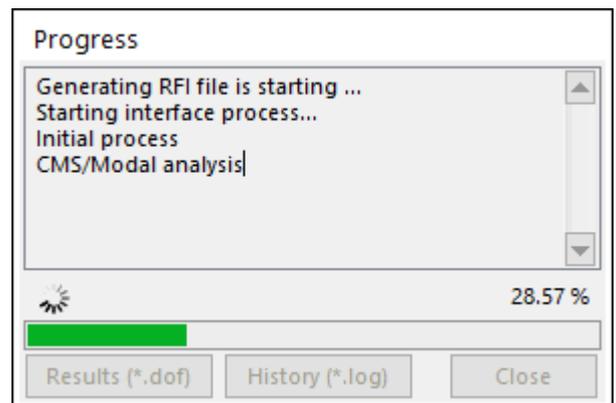
小贴士：当用 *RFlexGen* 函数应用到 *RFlex* 部件时，*RFlexBody1* 上的界面结点信息出现在数据库框中，如右图所示。因此，可以直接在对话框中输入结点名称是更方便的。如果不用之前的界面结点信息，然后只能手动地，在模型框上，通过 *Select Node Set* 或 *Select Multi Node*，选择结点。



5. 调整设置后，点击 **Execute**。

特征值求解器进行 **CMS**（综合模态）分析，如右图所示。

6. 分析完成后，点击 **Close**，关闭 **RFlexGen** 程序。



替换 RFlex Body

替换 RFlex body:

1. 在 **Flexible** 标签的 **RFlex** 组中, 点击 **Import RFI**。
2. 将建模选项设置为 **Body**。

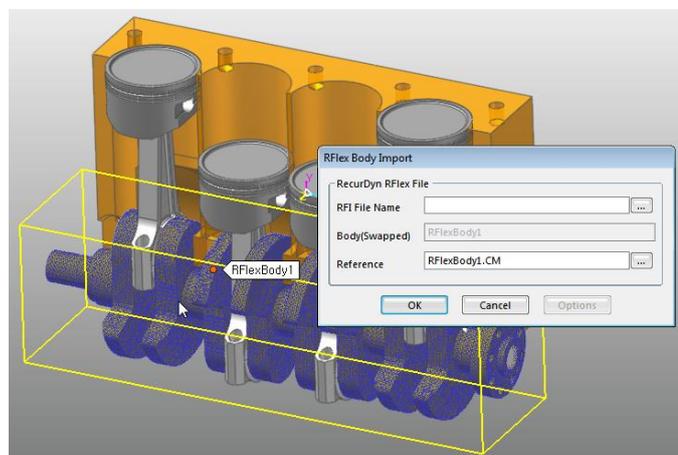


3. 在模型框中, 选择 **Crankshaft_FE**, 如下图所示。

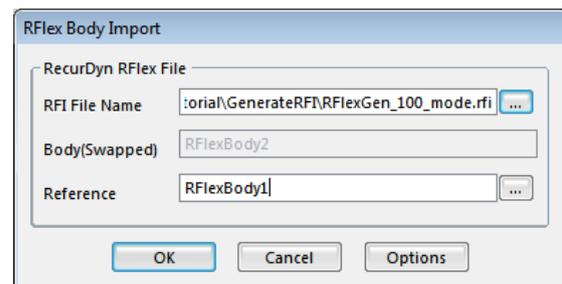
弹出 **RFlex Body Import** 对话框。

4. 在 **RFlex Body Import** 对话框中, 进行以下操作:

1. 点击 **RFIFileName** 右边的 ..., 指定 **RFI** 文件的路径及名称 (和 **Running RFlexGen** 章节中描述的一样)。
2. 点击 **Reference** 右边的..., 将该项从 **Crankshaft_FE.CM** 改为 **Crankshaft_FE**。



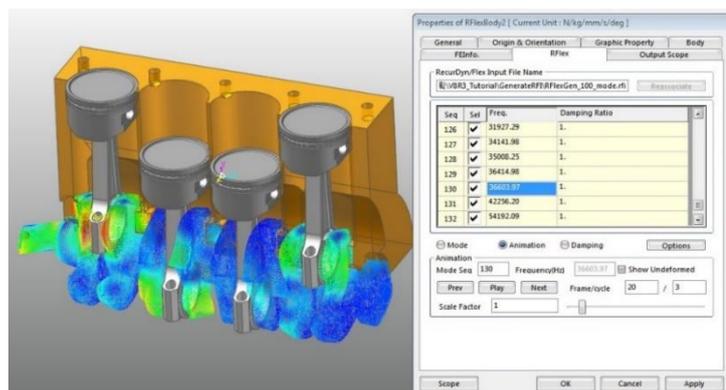
5. 确定设置如右图所示, 然后点击 **OK**。



6. 在 **Database** 框, 双击 **Crankshaft_FE**, 显示 **Property** 对话框。

7. 在 **Property** 对话框中, 进行以下操作:

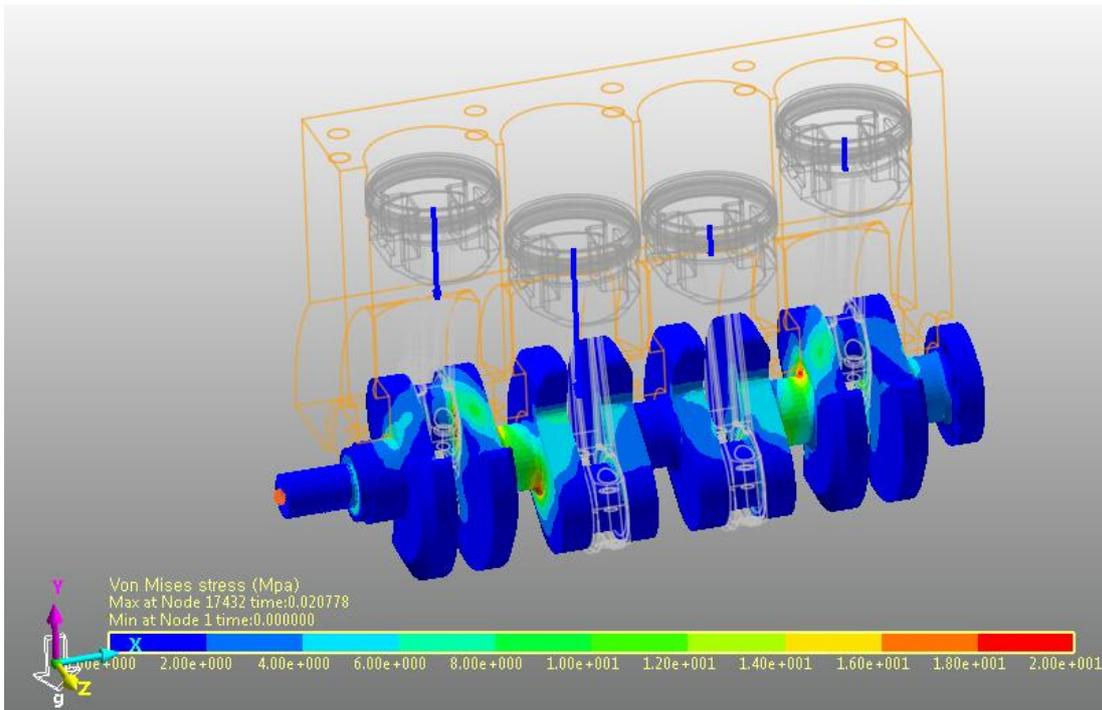
- 选择 **130th mode**, 如右图所示。
- 点击 **Play**, 观察选择的模态的特性。



对 RFlex Body 进行动力学分析并回顾结果

对 RFlex body 进行动力学分析:

重复 27 – 29 页的步骤



Chapter

5

分析并回顾结果

任务目标

本章对关于 **FFlex** 和 **RFlex** 部件的弹性多体系统(MFBD)分析的结果进行分析，并描述 **RFlexGen** 功能的优点。



预计完成时间

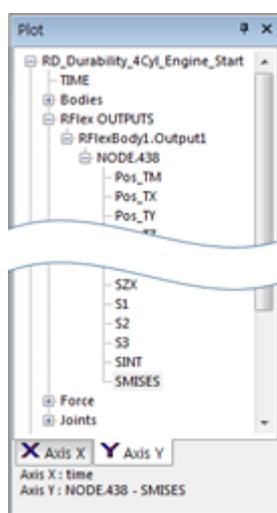
5 分钟

分析动力学分析结果

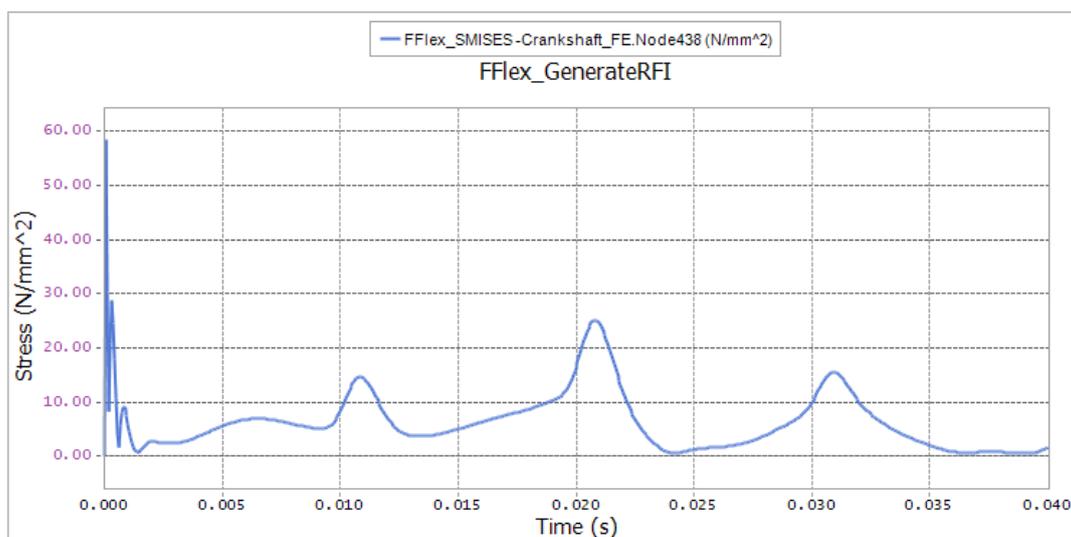
对用 Mesher 功能生成的 FFlex 部件结果进行分析

在本教程的前面，我们用 **FFlex/Mesher** 将刚性体转换成柔性体并进行动力学分析。柔性体包括 50000 个结点(大约 150000 个自由度)。因此，需要 1 个小时的时间进行动力学分析。(实际所需时间取决于的电脑配置)

下图显示了在结点上进行 **Von-Mises Stress test** 分析结果，这个分析结果包含在指定区域的分析结果中。(由于前面已经定义了输出文件，因此会以后处理 plot 形式保存相关

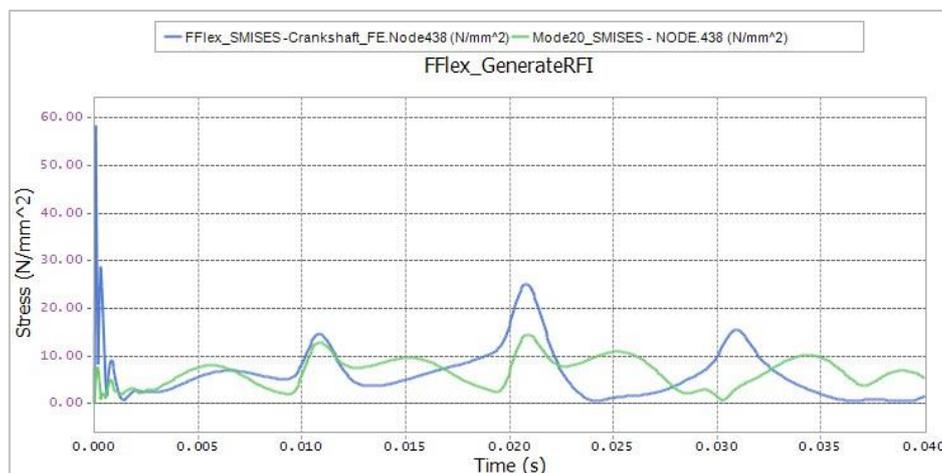


分析结果。)



对 RFlexGen 生成的结果和 RFlex body 获得的结果，进行比较

下图为用 FFlex 部件和 RFlex 部件进行 Von-Mises Stress 动力学分析的结果比较。RFlexGen 用于将 FFlex 部件转化为 RFlex 部件。对结点进行 Von-Mises Stress test 包含在感兴趣区域的分析结果中。

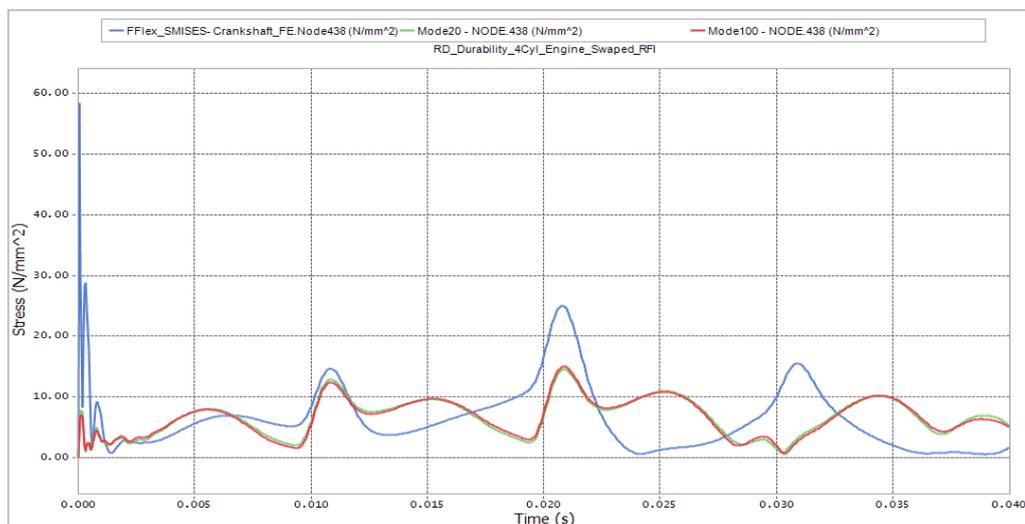


因为本教程使用的曲轴，不考虑其与其它构件间的接触，而采用运动副连接。因此，我们不需要用 FFlex 部件仿真曲轴的柔性。因为 RFlex 部件就足够达到目的了。在分析有很多结点且没有任何接触的柔性体的情况下，使用 RFlex 部件比用 FFlex 部件能更快地得准确的结果。

如上图所示，用 FFlex 部件与 RFlex 部件分析的结果没有特别大的差别。考虑到使用 RFlex 部件分析只用了 10 秒，而用 FFlex 部件分析用了 1 个小时，所以使用 RFlex 部件可以大大减少分析时间，并能得到与用 FFlex 部件分析差不多的结果。

增加模态之后的结果比较

下图为增加五倍 RFlex 部件模态的分析结果。



如上图所示，增加模态对分析结果只有很小的作用。由此可见：在本教程中对发动机系统使用小数量的模态，就可以得到相当不错的结果。

使用 RFlexGen 生成的 RFlex body 的优点与缺点

本教程显示了使用 FFlex 柔性体和 RFlex 柔性体的优缺点。

使用 FFlex 部件进行分析，比使用 RFlex 部件分析可以获得更精确的结果。因为分析包括了目标的非线性特性及接触条件。在这些情况下，使用 FFlex，分析更加准确。可是，如果构成 FFlex 柔性体的结点数或目标的非线性属性数增加，分析时间会更长。

使用 RFlex 部件的一个优点是大大减少了分析时间。这是因为分析是用模态数而不是总结点数作为自由度。因此，如果目标特性没有因为非线性导致的大变形，就可以用 RFlex 部件来模拟柔性体的动态特性。在 MFBFD 模型中，如果需要非线性特性分析时，用 RFlex 柔性体代替 FFlex 柔性体将导致分析结果精度的降低。如果不需要分析非线性属性，可以用 RFlex 部件更快地获得结果。更快地将分析结果运用到实际产品设计中。

感谢参与本教程学习!