

新产品 新技术

网格重划在汽车用橡胶制品设计中的应用

黄友剑, 潘世文, 郭红锋

(株洲时代新材科技股份有限公司, 湖南 株洲 421007)

摘要:在对汽车用橡胶-金属复合制品进行承载有限元分析过程中,因网格变形过大而产生严重的网格畸变,为使分析能够进行下去,需要进行网格重划。对橡胶分析来说,网格重划需要经历:初始分析→提取变形模型→二次分析这样的—个或者多个网格重划的过程。经验表明,对较大变形的橡胶分析,3~6次的网格重划是一个合理的选择。

关键词:橡胶制品;大变形;有限元分析;网格重划

典型的汽车用橡胶制品为橡胶-金属复合型结构,在承载过程中,往往会表现出大变形的承载效果。在对橡胶制品进行受力分析过程中,因变形过大,橡胶单元会发生严重扭曲变形,从而使有限元分析的求解过程无法进行下去,为有效解决橡胶大变形的分析问题,对于结构及载荷均呈轴对称特点的分析,可利用网格重划进行处理,使分析能够重新进行下去,以便让工程分析人员获得所需要的变形结果及整体的承荷、位移曲线。

网格重划是目前处理橡胶大变形有限元分析的一个重要思路 and 有效途径,目前的 ANSYS 和 ABAQUS 等软件版本均有用于橡胶分析的网格重划功能。但是,如何重划?重划需要处理什么问题?描述的并不清楚,因此,本文将以典型橡胶元

件中橡胶堆制品的大变形分析作为例子,对网格重划进行研究。

1 典型网格重划过程

橡胶大变形分析需要进行网格重划,其基本过程为:首先进行建模及网格处理,并施加一个合适的载荷,将初步分析得到的结果进行变形模型提取,如模型提取成功后,再进行二次分析;如二次分析网格重划前后的刚度点基本重合,则说明二次分析完成;如刚度点出现大的偏移,则说明初始分析时单元出现了过大的网格畸变,需要施加一个更小的载荷重新进行计算。网格重划的基本过程见图1所示。另外,如果橡胶变形过大,则需要二次甚至多次网格重划来完成整个分析,以得到一个较真实的计算结果。

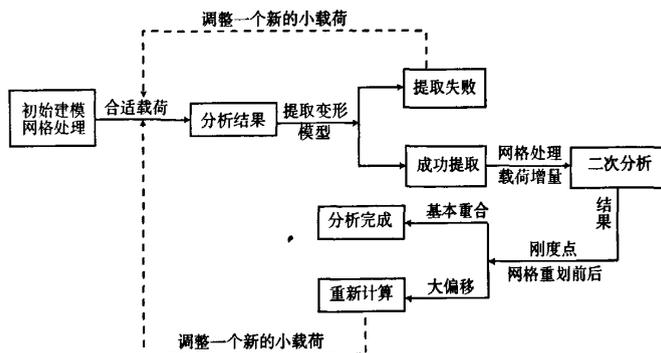


图1 网格重划的基本过程

2 橡胶堆大变形网格重划计算

2.1 初始分析

橡胶堆制品是汽车用橡胶-金属复合制品中非常典型的橡胶制品,本文将以此为例进行分析。橡胶堆的主要承载为垂向持续动载,产品结构为橡胶-金属复合的轴对称结构(见图 2)。为研究网格重划,本文以 ABAQUS 为分析工具,讨论网格重划的全过程。

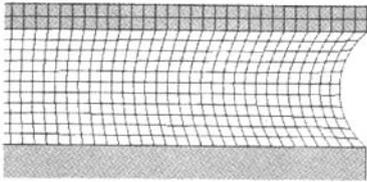


图 2 橡胶堆初始网格结构

图 2 为橡胶堆承载前的轴对称网格模型,上、下部分为铁件,中间为橡胶,橡胶高度为 30 mm,分析要求预测出承受 15 mm 压缩时的变形状态。

利用超弹 Ogden 本构模型模拟橡胶材料的变形特性,Ogden ($n = 4$) 本构的材料参数为:15.76, -1.58, 0.019, 6.96, -25.14, -2.03, 10.33, -2.43, $0.8e-4$, $1.1e-5$, $-9.7e-08$, $1.6e-09$ 。同时,利用线弹性属性:弹性模量及泊桑比来模拟金属的变形特性。在分析模拟过程中,分析进行到压缩为 6 mm 时(见图 3),因部分网格变形太大而畸变致使分析无法收敛。

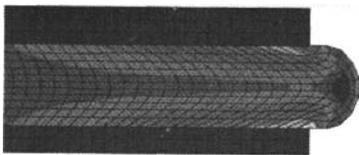


图 3 初始分析后的变形状态

2.2 提取变形模型

为使分析继续进行,需要进行网格重划,为此需要提取变形后的变形网格,然后根据变形网格提取变形模型。

初始分析时的文件为 old. Odb,分析模型由“rub”和“steel”两个 instance 构成。从分析中提取出来的橡胶网格模型和铁件网格模型分别为 oldrub 和 oldsteel,经过网格提取出的变形模型分别为“newrub”和“newsteel”,然后组成一个新的

分析模型(见图 4 所示)。

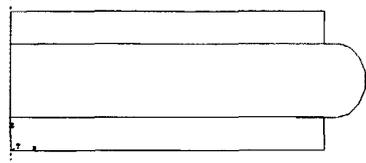


图 4 提取变形模型

ABAQUS 可利用 ABAQUS /CAE 进行变形模型的提取,由 Python Script (*.py) 文件将初始分析后的信息调入 ABAQUS /CAE,或其它前处理软件来提取变形模型,其中提取变形模型的核心信息如下。

```

odbName = 'old. odb'
modelName = 'Model - 1'
rubInstance = 'RUB - 1'
steelInstance = 'STEEL - 1'
deformedShape = DEFORMED
angle = 15.0
importStep = 0
oldrub = mdb. models['Model - 1']. PartFromOdb(
    fileName = odbName, name = 'oldrub', instance =
    rubInstance, shape = deformedShape, step = importStep)
newrub = mdb. models['Model - 1']. Part2DGeomFrom2DMesh(
    name = 'newrub', part = oldrub, featureAngle = angle)
oldsteel = mdb. models['Model - 1']. PartFromOdb(
    fileName = odbName, name = 'oldsteel', instance =
    steelInstance, shape = deformedShape, step = importStep)
newsteel = mdb. models['Model - 1']. Part2DGeomFrom2DMesh(
    name = 'newsteel', part = oldsteel, featureAngle = angle)

```

2.3 二次分析

对提取的变形模型进行网格的二次划分(见图 5),并将模型的不同区域赋予与初始模型相同的材料及单元属性。

由于整个分析要完成 15 mm 的垂向压缩变形,而初始分析已完成了 9 mm 的垂向压缩变形。若视之为第二次分析的预压缩,那么二次分析所设置的载荷位移为 6 mm,从而表明二次分析的最

终压缩量为 15 mm 的目标要求已经实现。

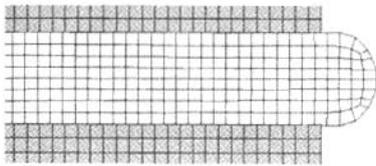


图5 变形模型网格重划

二次分析是在初始分析的基础上经网格重划后进行的再分析,在 ABAQUS 中,需要利用 * Map solution 功能来调用初始分析中的数据结果作为二次分析的基础,图 6 是二次分析完成后预测得到的变形结果。

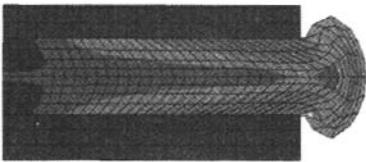


图6 二次分析完成后的变形状态

橡胶堆制品的一个重要设计指标为满足要求的垂向载荷-位移特性曲线,因此分析预测出完整的垂向刚度曲线是进行网格重划二次分析的重要内容。图 7 为经过二次分析得到的一条完整的载荷-位移曲线。

2.4 结果处理

图 7 的载荷-位移曲线由初始分析得到的 0 ~ 9 mm 的载荷-位移曲线和经网格重划二次分析得到的 9 ~ 15 mm 的载荷-位移曲线的两段曲线构成。通过观察可以看出,网格重划前后的曲线没有很好的连接起来,而是存在一定的偏移,这是因为网格重划前,单元形变产生了较严重的网格畸变。这也说明,为使网格重划后的分析结果更合理,应合理确定初始分析的载荷量。

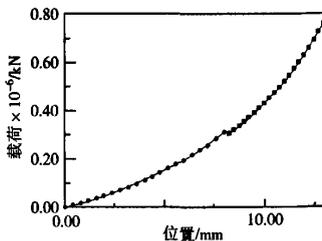


图7 制品的载荷-位移曲线

3 网格重划需要考虑的问题

对橡胶产品的有限元分析来说,网格重划后的分析涉及到大变形、接触等非线性问题,因此,网格重划需要考虑以下几个问题:

1. 橡胶在大变形时,往往会产生严重的接触非线性问题。当接触发生在网格重划过程中时,会对分析收敛产生严重影响,甚至使得分析无法进行。因此,当网格重划产生在有接触发生的时候,网格设置应尽可能保证网格重划前后的网格大小基本相同,并使接触属性设置保持连续性。

2. 当网格重划前后的载荷-位移点出现大的偏移时,说明网格重划前的单元扭曲已经现当严重,这要求将初始分析的载荷适当减少,或者初始分析时尽可能将网格设置的更合理些。

3. 另外,当载荷量大到使用一次网格重划仍无法完成合理分析时,需要进行多次的网格重划来完成分析。经验表明,3 ~ 6 次的网格重划对分析工程问题的橡胶大变形来说是一个合理的选择。

4 结论

通过利用网格重划功能,成功实现对橡胶堆制品垂向大变形的分析预测,可以得出以下几点结论:

1. 网格重划是解决橡胶大变形分析问题的一个重要技术。
2. 接触发生在网格重划分析过程中时,网格及接触属性设置应尽可能保持一致。
3. 对分析带工程问题的橡胶大变形来说,3 ~ 6 次的网格重划是一个合理的选择。

参考文献:略



昊华南方研制成功 53/80 - 63 76PR 巨型工程机械轮胎

具有 6 项专利技术的国内最大规格工程机械轮胎——53/80 - 63 76PR 轮胎于 2008 年 1 月 13 日在昊华南方(桂林)橡胶有限公司桂林轮胎厂成功下线。该轮胎外径 3.78 m,断面宽 1.34 m,质