

Revit-Abaqus 结构模型转换接口开发

徐雪梅 何翔 段翔 蔡涛 张广

(武汉轻工大学 土木工程与建筑学院, 武汉 430000)

【摘要】 本文针对有限元模型设计分析软件 Abaqus 建模工作效率低下的问题, 提出了开发 Revit-Abaqus 结构模型转换接口的方法。根据 Autodesk 公司提供的 Revit API 可定制化技术, 本文通过 C# 编程语言对 Revit 与 Abaqus 转换接口进行研究。通过提取 Revit 结构物理模型与结构分析模型数据, 整理为 Abaqus 可运行的 Python 脚本, 实现了将模型从 Revit 转换到 Abaqus 软件中, 提高了建模与计算分析的效率。

【关键词】 Revit-Abaqus 转换接口; Revit API; 二次开发; 结构分析

【中图分类号】 TU17 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1674-7461 (2023) 01-0089-05

【DOI】 10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2023.01.16

引言

Revit 在 BIM 技术的发展过程中起着重要的作用, 对比传统建筑设计有着协作、数据共享和信息化的特点, 不再像传统二维设计串行式作业, 而是使各生产阶段相互联系转变为并行式作业^[1], 其超强的互动控制功能, 将平面、立体、剖面及明细表等双向联系, 一点改动, 处处更改, 有效减少设计错漏。许多行业实践表明, Revit 设计可有效节约生产成本, 减少设计变更, 提高施工效率。

Revit API 是 Autodesk 公司让 Revit 能更好地解决用户需要而提供的二次开发接口。已经有不少的开发人员成功地通过 Revit API 开发 Revit 与第三方软件的接口。到目前为止, 已经能够实现 Revit 与 PKPM、ANSYS、STAAD.Pro、YJK、Bentley 等软件的模型数据的双向导人和增量更新^[2-6]。宋杰^[1]提供了一个利用 Revit 和 Revit API 技术进行的模板转化方式, 使用 C# 编程语言实现了二次开发, 将由 Revit 所获得的数据结果整合为 ANSYS APDL 命令流格式, 以此完成 Revit-ANSYS 模式的直接转化。秀保娟^[8]通过调用 Revit API 获得 Revit 建模数据信息、并在 PKPM 中建立了 Revit 模块, 研发了 Revit-PKPM 双向接口软件。王玄玄^[9]运用 Revit API 转换接口, 提取数据最终生成 Abaqus 可识别的 INP 文件, 实现了 Revit 中复杂结构模型导入 Abaqus 进行精确的结构计算分析。

Abaqus 被普遍认为是有限元软件操作系统, 有助于解析复杂的固态力学构件或流体力学体系, 尤其有

助于驾驭超大规模、高复杂度问题并解决高度不确定性问题。Abaqus 与建模功能强大的软件 Revit 的接口目前只能实现结构物理模型从 Revit 到 Abaqus 的转换, 但对于进行计算分析的约束条件与荷载工况信息的转换研究较少。本文将结合 Revit 强大的建模功能与 Abaqus 先进的非线性有限元分析功能进行二次开发, 将 Revit 结构物理与分析模型完整导入 Abaqus, 实现更精确的复杂构造计算分析。

1 开发思路

1.1 ACIS 模型转换方式

对于 Revit 模型, 在 Abaqus 中重建模型可通过 ACIS 的模型转换方式, ACIS 是 Abaqus 软件和 Revit 软件共同支持的三维几何造型引擎, 两者基于此都支持 .sat 文件的导入和导出, 理论上这就为 Revit-Abaqus 模型转换提供了便捷的接口。但这种方式有以下三方面问题: 一是 .sat 文件只存储结构的几何模型, 目前也仅支持以 part 形式导入 Abaqus, 因此还需在 Abaqus 中手动完成材料指派、楼层装配、设置时间步、构件连接、施加荷载及网格划分等步骤; 二是导入的模型是一个完整闭合的几何图形, 不能直接进行单元网格划分, 需要手动切割出单元几何形状, 且需要修复填补才能划分出高质量并计算精确的网格; 三是通过 .sat 文件导入可能出现几何数据的丢失或者转换不彻底的情况。

因此基于 ACIS 的转换方式效果并不理想。本文将针对 Revit-Abaqus 进行二次开发, 实现将 Revit 结构物理模型与结构分析模型数据完整导入 Abaqus, 无需手动完成 part 后步骤, 一次性导入模型数据完成计算分析。

1.2 Abaqus 建模与转换分析

Abaqus 有着多种建模的方式:

(1) CAE: 在 Abaqus 中新建 CAE 直接建模是基本的建模方法, 但人工操作工作量大, 不能实现自动化, 不能实现从 Revit 直接转入;

(2) 直接填写 Keyword 文件: 写 Keyword 工作量较大, 除非很多相同的部分, 简单的装配;

(3) Python script: Python 脚本语言简单易懂, 并且 Abaqus 软件中自带的脚本录入开发工具能够读取大量脚本代号, 再经过修改与合并, 就可以进行 Python 脚本编辑。还可以把研究变量设定成 Python 脚本中的函数自变量, 建立参数化模型设计脚本, 通过修改关键参数即可修改研究变量, 可实现对单一因素变化快速模型分析计算的目标^[10]。因此本文将采用 Python script 方式对 Revit 与 Abaqus 进行二次开发。

1.3 Revit-Abaqus 转换接口开发思路

在结构设计完成后的 Revit 模型中包括结构物理模型和结构分析模型数据, 其中物理模型数据包含几何尺寸、材质信息、楼层信息等; 结构分析数据包含荷载工况、构件两端约束、边界条件信息等。两者都是 Abaqus 建模并完成计算分析所必不可少的, 其在 Revit 与 Abaqus 中的模型信息对照如表 1 所示。

表 1 Revit 与 Abaqus 模型信息对照

Revit 模型可提取数据	Python 脚本对应步骤
构件坐标, 几何尺寸	Part
材料, 截面参数	property
位置信息	Assembly
边界条件	Interaction
荷载信息	load

基于前面对 Abaqus 建模方式的讨论, 如何将 Revit 模型数据完整的导出、进而在 Abaqus 中生成模型并计算是要解决的问题。由表 1 可知, Revit 可直接获取的数据与 Abaqus 通过编写 Python 脚本建模完成计算分析所必需的大量数据吻合, 适宜于利用二次开发技术手段来进行数据的提取和转存。因此对于 Revit-Abaqus 转换接口开发, 本文的开发思路是: 基于 Visual Studio2017 平台, 利用运行在 .NET 平台下的 C# 编程语言调用 Revit API 接口进行二次开发形成 .dll 文件, 并以插件的形式载入到 Revit 的附加模块中^[11]运行,

提取 Revit 模型的空间坐标、几何尺寸、材料及材料的密度、泊松比、杨氏模量、荷载位置与大小等信息提取出来, 将信息整理好, 再写成一个 Abaqus 可以直接运行的从建模到计算的完整 Python script。

2 模型转换接口开发

2.1 开发流程

程序首先对 Revit 所有的图元进行筛选, 判断是否为某一族类型, 将其按照族类型收集并储存起来, 遍历集合, 按照楼层标高过滤, 自下而上将每层族实例的几何信息、材质信息、楼层信息及荷载信息提取出并赋予相应编号后储存, 将所有数据整理输出一个可以使 Abaqus 运行的 Python 脚本, 模型转换接口实现流程如图 1 所示。

2.2 模型转换程序

模型转换到 Abaqus 主要分为两部分: 一部分是建模, 一部分是执行模型。对应的程序代码也分为两部分: 一是提取 Revit 模型信息的代码, 二是输出为 Abaqus 可运行的 Python 脚本的代码。

为了便于建模以及避免梁柱板节点处的问题, 本文主要采用梁壳单元在 Abaqus 中建模, 梁, 柱采用梁单元, 板采用壳单元, 以简单二层框架为例,

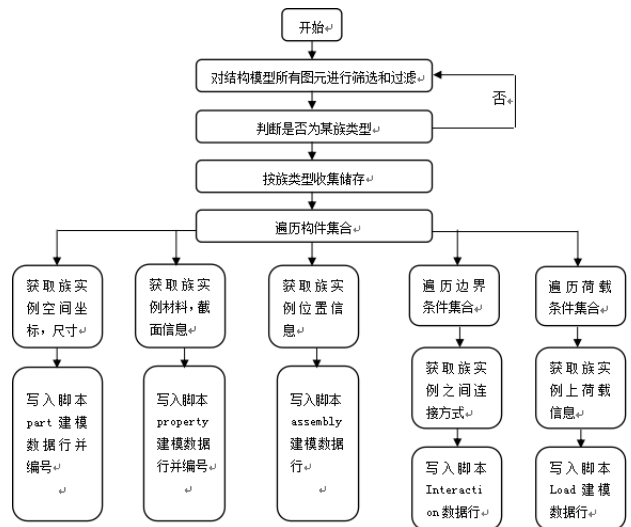


图 1 转换接口实现流程图

实现程序如下:

Foreach (Element beam in beamclass)

{

XYZ directionvector ← positionline.Direcation; // 获取梁定位线坐标

Definition section ← sectionproperty.Definition; // 获

取梁截面尺寸

```
Material characteristic ← beam as Material; // 获取材料属性
LineLoad beamload ← beam. LineLoad; // 获取梁上线荷载
}
s.Spot(point ← (locationlineX, locationlineY)); // 以梁定位线坐标建模
mdb.models.materials.Density(table ← density)El;
astic(table ← ((elasticity, position) ISelectionFilter
floorselFilter ← new FloorSelectionFilter(); // 材料指派
Foreach(Reference floor in floorselFilter)
{
BoundingBoxXYZfloorXYZ ← floor_1.get_
BoundingBox(doc.ActiveView); // 获取板顶点坐标
Material floormaterial ← floor as Material; // 获取材料属性
Areaload floorload ← floor.Areaload; // 获取板上面荷载
}
s.Spot(point ← (locationlineX, locationlineY));
mdb.models.materials.Density(table ← density)
Elastic(table ← ((elasticity, position);
a.translate(instanceList ← (beam-column-floor ),
vector ← (X, Y, Z));
mdb.models[ 'Model-1' ].Tie(beam-column-floor);
mdb.models[ 'Model-1' ].Load(beam-column-floor);
```

2.3 模型转换要点

2.3.1 几何模型与 part 建模步骤数据转换

基于 Revit “点—线—面—体”的建模方式，分别针对 Abaqus 采用的梁、壳单元，获取梁柱定位线两端坐标、楼板各角点坐标，根据 Abaqus 中梁单元的横截面库赋予构件截面属性，再赋予板厚度，在 Abaqus 完成建模。以筛选出 OST_StructuralFraming 族为例，以下代码实现了梁的模型信息提取与在 Abaqus 中建模：

```
LocationCurve beamlocationcurve ← beam as
LocationCurve; // 获取梁定位线坐标
```

```
double.TryParse(beamsection, out beamsection); // 获取梁截面尺寸
```

```
s.Line(point1 ← (point1, point1Y), point2 ← (
point2X, point2Y)); // 以梁定位线坐标建模
```

2.3.2 材料截面信息与 property 材料指派步骤数据转换

根据 Abaqus 结构分析过程中对材料物理特性的需要，获取 Revit 结构物理模型中材料名称、材料密度、泊松比及杨氏模量等，在 Abaqus 建立 material 并指派给对应特性构件，以筛选出 OST_StructuralFraming 族为例，以下代码实现了梁的材质信息提取与在 Abaqus 中完成材料指派：

```
Material bmat ← beam as Material; // 获取材料
ElementId beamad ← bmat.StructuralAssetId;
// 获取结构材料编号
mdb.models[ 'Model' ].materials[ 'liang'].
Density(table ← (density)); // 材料指派
mdb.models[ 'Model' ].materials[ 'liang'].
Elastic(table ← (elasticity, position)); // 材料指派
```

2.3.3 模型位置与 Assembly 楼层组装步骤数据转换

根据 Revit 模型楼层标高以及构件位置坐标利用平移、旋转等功能在 Abaqus 中完成装配。以筛选出的 OST_StructuralFraming 族为例，以下代码实现了梁在楼层中的装配：

```
Element element ← collector.OfClass(typeof(Level))
FirstElement(); // 获取梁所在楼层
a.translate(instanceList ← ( 'liang' ), vector ← (0, 0,
levelj)); // 平移操作
```

2.3.4 边界条件与 Interacation 构件连接步骤数据转换

一般默认构件之间为刚接，Abaqus 中梁柱间利用 merge 功能使其成为一个 part 解决“梁—梁”、“梁—柱”、“柱—柱”刚接方式，板与梁柱间采用 tie 连接的方式，以筛选出的 OST_StructuralFraming 族为例，以下代码实现了梁之间的连接：

```
Element element a.InstanceFromBooleanMerge
(name ← beam, instances =column ); // 梁柱完成刚接
region1 ← a.instances[floor].surfaces[surface].
sets[beam]; // 板与梁柱刚接
```

2.3.5 荷载工况数据与 load 构件施加荷载步骤数据转换

Revit 模型荷载包括节点荷载、梁上线荷载、板上面荷载以及结构自重，提取各构件作用荷载，在 Abaqus 中采用施加位移与力的方式完成荷载的施加，以筛选出的 OST_StructuralFraming 族为例，以下代码实现了获取梁上线荷载以及在 Abaqus 中给梁施加荷载：

```
if (Math.Abs(liangmaxX - lmaxX) < 1 && Math.
Abs(liangmaxY - lmaxY) < 1 && Math.Abs(liangminX -
lminX) < 1 && Math.Abs(liangminY - lminY) < 1 &&
(liangmaxZ ← lminZ));
```


liangload[m] ← IIFz;// 根据荷载作用边界条件判断并获取梁上线荷载

mdb.models['Model-1'].LineLoad(name=Load, createStepName=' Step1' region=region,comp3 ← beamload);// 给梁施加线荷载

2.3.6 划分网格

以下代码实现在 Abaqus 中对模型进行网格划分:

```
p . s e e d P a r t ( s i z e = s i z e ,
deviationFactor=deviationFactor, minSizeFactor=
minSizeFactor);
```

按照以上程序完成 Revit 与 Abaqus 转换接口开发, 实现快速将 Revit 模型在 Abaqus 中建模、装配及施加荷载, 最后进行计算分析。

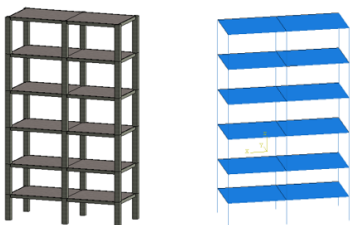
3 案例验证

以某 6 层 2 跨框架结构建筑为例, 梁柱采用 C35 混凝土板采用 C40 混凝土, 板厚为 100mm, 考虑结构自重、梁上承受线荷载、板承受面荷载, 验证 Revit 数据信息导入 Abaqus 后模型的完整性以及是否存在偏差。在 Revit 中运行程序, 选中该模型, 最后生成 Python 脚本, 脚本部分信息如图 2 所示。

```
p = mdb.models['Model-1'].Part(name='zhu25', dimensionality=THREE_D,
type=DEFORMABLE_BODY)
p = mdb.models['Model-1'].parts['zhu25']
p.BaseWire(sketch=s)
s.unsetPrimaryObject()
p = mdb.models['Model-1'].parts['zhu25']
session.viewports['Viewport: 1'].setValues(displayedObject=p)
del mdb.models['Model-1'].sketches['__profile__']
p = mdb.models['Model-1'].parts['zhu25']
e = p.edges
edges = e.getSequenceFromMask(mask=('[#1 ]', ), )
p.Set(edges=edges, name='zhu25-st')
session.viewports['Viewport: 1'].partDisplay.setValues(sectionAssignments=ON,
engineeringFeatures=ON)
session.viewports['Viewport: 1'].partDisplay.geometryOptions.setValues(
referenceRepresentation=OFF)
```

图 2 脚本部分信息

将生成的文本导入 Abaqus, 按照文本内容, 由柱、梁、板的顺序依次建立 part, 如图 3 所示。该框架建筑包含 36 根柱、42 根梁、12 块板, 导入 Abaqus 后生成分析模型用时 6 秒, 转换程序效率高, 在模型构件数目、信息以及构件材质方面都与 Revit 模型吻合, 结果显示, 本文开发的接口程序实现模型转换的算法准确可靠。



(a) Revit 结构模型 (b) 导入 Abaqus 模型
图 3 建筑模型“柱→梁→板”展示效果

将梁柱板按照 Revit 位置信息通过移动、阵列、旋转和平移等操作装配成框架模型。在 Abaqus 的 Interaction 步骤中处理梁柱板节点连接问题, 然后再依据《建筑结构荷载规范》计算出的梁上线荷载与板上面荷载施加到模型上, 划分网格, 最后进行计算分析。从建模到完成计算分析完成过程如图 4 所示, 网格详细划分图以及模型计算应力云图分别如图 5~6 所示。

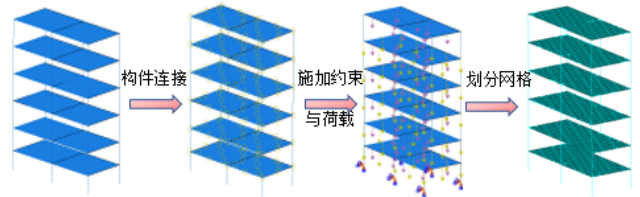


图 4 结构计算分析过程展示效果

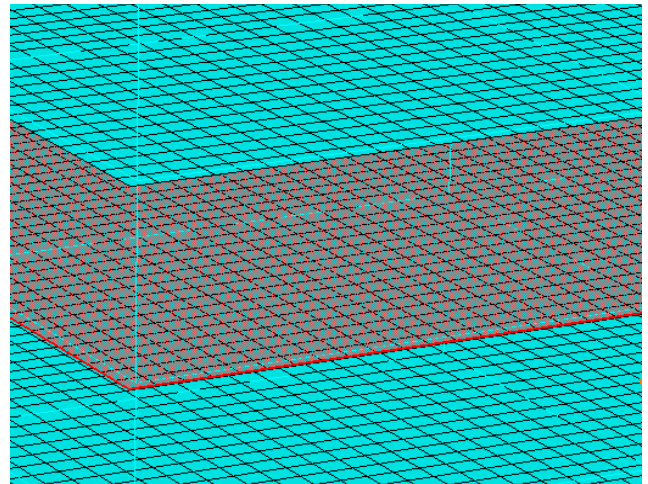


图 5 模型构件网格划分结果展示图

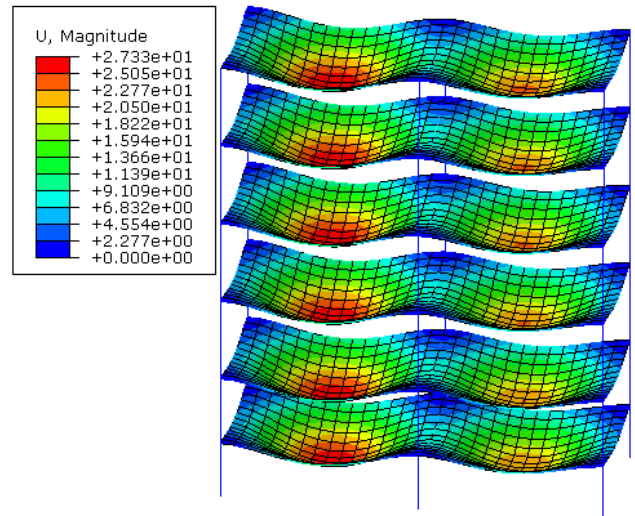


图 6 模型位移分布图

本例通过转换接口将 Revit 物理模型及结构荷载信息提取后导入 Abaqus, 进行模型建立、材质指派、楼层装配、节点连接、施加约束与荷载、单元网格划分,

最后完成计算等一系列操作,验证了转换接口在 Revit 中的模型与导入后 Abaqus 中模型完整一致性。

4 结论

本文针对 Revit 软件结构三维可视化、参数化的优点与其计算分析功能的不足, Abaqus 软件复杂异形模型建模耗时, 低效率的不足与其强大的有限元计算分析功能的优势, 结合二者优点, 提出 Revit-Abaqus 模型数据转换接口开发思路并进行开发实践, 大大提高 Revit 在结构设计过程进行复杂结构分析的效率, 对于反复修改模型重新建模进行计算分析的项目效果尤为显著。

本文基于 Visual Studio2017 平台, 借助 C#, Python 语言, 调用 Revit API 接口, 实现了 Revit 软件模型数据完整一致的导入 Abaqus, 通过给出程序开发的详细过程与算法要点与实例验证, 表明了基于 Revit-Abaqus 转换接口, 可以大大减少建模时间, 将 Revit 中模型的物理与几何信息完整无误的导入到 Abaqus 中完成计算分析, 整个过程无需人工参与修改, 具有较大的实用价值, 但针对 Revit-Abaqus 模型数据双向导入问题中将完成计算分析的数据返回 Revit 中并未涉及, 之后可以进行更加深入的研究。

参考文献

[1] Holness Gordon V.R.. BIM building information modeling:

Gaining momentum [J].ASHRAE Journal, 2008(06): 28-30+32+34+36+38-40.

[2] PKPM 与 Revit 实现双向数据互连进一步推动中国 BIM 技术的普及 [J]. 土木建筑工程信息技术, 2013, 5(04): 6.

[3] 赵晓宇, 陈子晗, 余思令, 等. 基于 Revit 与 ANSYS 的模型转换自动化研究 [J]. 长江信息通信, 2021, 34(01): 119-121.

[4] 严旭, 范盛颖, 周进. Revit 到 STAAD.Pro 的模型数据转换研究 [J]. 土木建筑工程信息技术, 2017, 9(03): 104-109.

[5] 杨平. Revit Structure 转盈建科软件的数据分析与研究 [J]. 福建建筑, 2015(08): 126-128.

[6] 蓝天宇. BIM 技术在建筑工程结构设计阶段的应用研究 [D]. 华东交通大学, 2019.

[7] 宋杰, 张亚栋, 王孟进, 等. Revit 与 ANSYS 结构模型转换接口研究 [J]. 土木工程与管理学报, 2016, 33(01): 79-84.

[8] 乔保娟, 邓正贤, 张洪磊. PKPM 与 Revit 接口软件中若干问题探讨 [J]. 土木建筑工程信息技术, 2014, 6(01): 113-117.

[9] 王玄玄, 黄玉林, 赵金城, 等. Revit-Abaqus 模型转换接口的开发与应用 [J]. 上海交通大学学报, 2020, 54(02): 135-143.

[10] 庞芝烟. 基于 Python 脚本的 ABAQUS 参数化建模方法 [J]. 城市建设理论研究, 2014, (09): 1-2.

[11] 王维轩, 周东明. 基于 Revit 平台二次开发模式的研究 [J]. 土木建筑工程信息技术, 2019, 11(01): 132-136.

Development of Revit _Abaqus Structural Model Conversion Interface

Xu Xuemei, He Xiang, Duan Xiang, Cai Tao, Zhang Guang

(School of Civil Engineering and Architecture, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430000, China)

Abstract: Aiming at the low efficiency of finite element model design and analysis software Abaqus, this article proposes a method of developing Revit-Abaqus structure model conversion interface. According to the Revit API customization technology provided by Autodesk, this article studies the conversion interface between Revit and Abaqus by C # programming language. By extracting the data of Revit structural physical model and structural analysis model, a runnable Python script is organized for Abaqus, and the model can be transformed from Revit to Abaqus, which improves the efficiency of modeling and calculation analysis.

Key Words: Revit -Abaqus Conversion Interface; Revit API; Secondary Development; Structural Analysis