

后疫情时代的 CIM发展与城市综合数字防灾

许镇 教授/博导
北京科技大学
土木工程系

提纲

1

疫情带来的城市防灾挑战和机遇

2

CIM研究现状

3

基于CIM的城市综合数字防灾

4

结语

提纲

1

疫情带来的城市防灾挑战和机遇

2

CIM研究现状

3

基于CIM的城市综合数字防灾

4

结语

1.1 新冠疫情暴露了城市巨灾应对的短板

■ 新冠疫情是一场巨灾

新型冠状病毒肺炎是**近百年来人类遭遇的影响范围最广的全球性大流行病**，对全世界是一次严重危机和严峻考验。



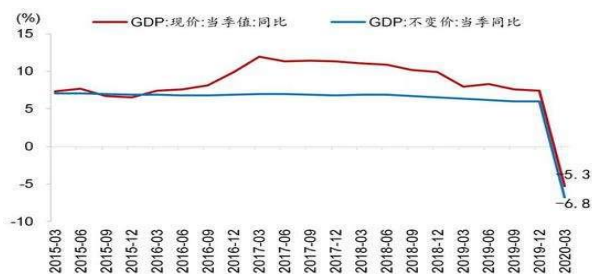
■ 新冠疫情也暴露城市巨灾应对的诸多短板



风险意识不够



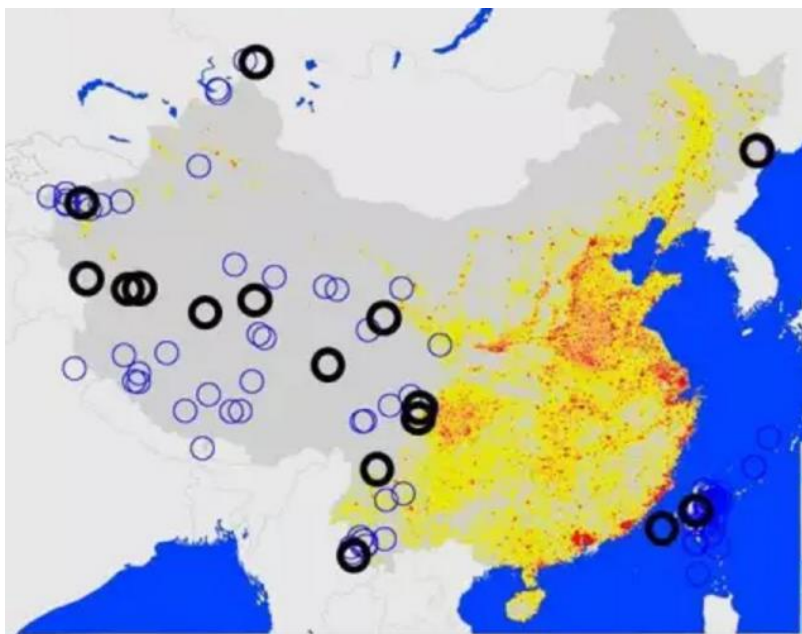
应急物资储备不足



社会停摆、损失巨大

1.1 新冠疫情暴露了城市巨灾应对的短板

■ 中国大陆中、东部地区44年未有强烈地震



- ✓ 新型基础设施**缺乏实际震害经验**
- ✓ 市民和政府**对地震缺乏感性认识**
- ✓ 备灾、救灾**缺乏合适的经济调控手段**

(高孟谭, 2015)

**面对疫情、地震等巨灾，
我们的城市准备好了吗？**

1.2 “城市综合数字防灾” 是重要应对手段

■ 城市难以开展真实的灾害破坏试验



构件耐火试验



城市耐火试验 ? !



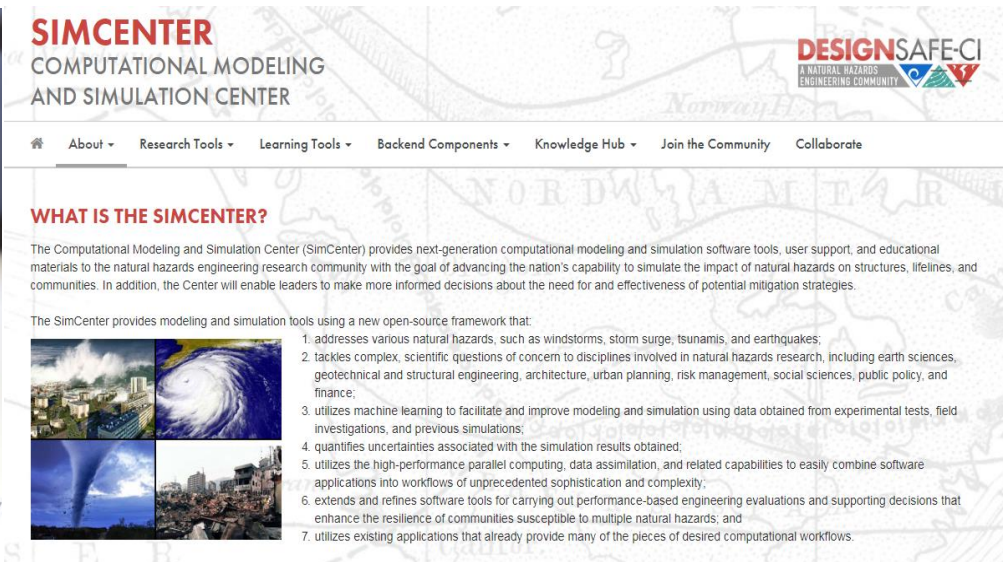
■ “城市综合数字防灾” 是重要的巨灾应对手段

“城市综合数字防灾” 是指利用先进的信息技术，建立真实城市的**数字孪生模型**，模拟数字孪生城市在多种灾害下的情景，进而开展城市灾害韧性评估、应急演练、**决策支持**等防灾应用，为城市防灾减灾提供合理的、量化的、多方位的技术支持。

1.2 “城市综合数字防灾” 是重要应对手段

■ 美国SimCenter计划正在开展 “城市综合数字防灾” 研究

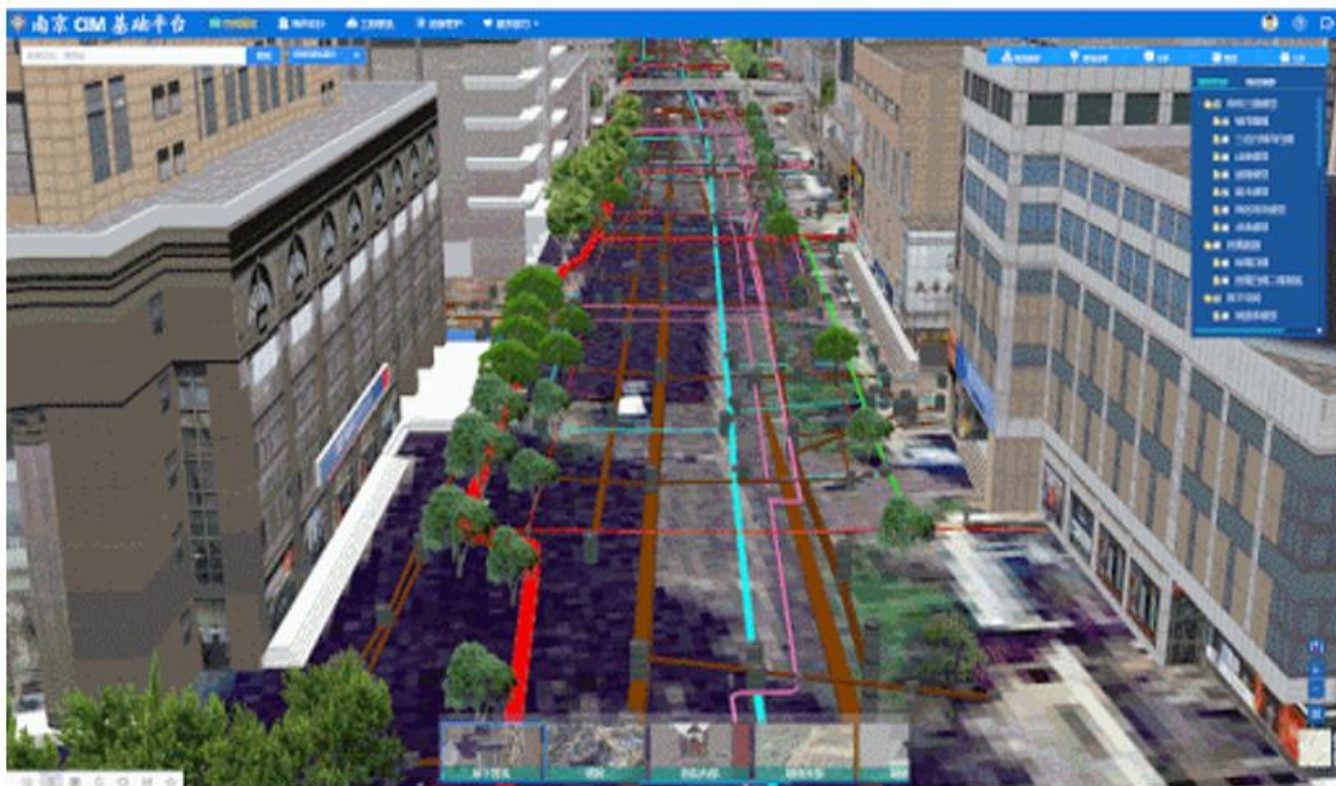
✓ SimCenter是美国NSF的重点项目，由UC Berkeley负责，经费1100万美元。



✓ SimCenter正在建立一个**集成多种建模和仿真工具的开源框架**，以应对地震、风暴和海啸、风暴潮等相关自然灾害，提高考虑不确定性时自然灾害下的社区韧性。

1.3 CIM 为“城市综合数字防灾”提供数字动力

- **CIM**，即城市信息模型（City Information Modeling），是以城市信息数据为基础，建立起**三维城市空间模型**和**城市信息的有机综合体**。



CIM为“城市综合数字防灾”提供城市和建筑单体的数字化模型，给城市巨灾应对带来新的机遇。

提纲

1

疫情带来的城市防灾挑战和机遇

2

CIM研究现状

3

基于CIM的城市综合数字防灾

4

结语

2.1. CIM的发展过程

Xu等人提出通过集成BIM和GIS来建立CIM。拟开发一个兼容IFC（BIM标准）与CityGML（GIS标准）的CIM平台。

国家住建部将雄安、北京城市副中心、广州、南京、厦门等列入“运用建筑信息模型（BIM）进行工程项目审查审批和城市信息模型（CIM）平台建设”五个试点城市。

2007

2014

2015

2018

2020

Khemlani提出CIM的概念，希望在城市规划中运用到类似BIM的技术，将信息模型从建筑层次提升到城市层次。

我国同济大学吴志强院士将CIM的概念延伸为City Intelligent Model，即城市智能信息模型。

3月，中央提出“新基建”战略。
7月，国务院建市〔2020〕60号文提出探索建立表达和管理城市三维空间全要素的城市信息模型（CIM）基础平台。

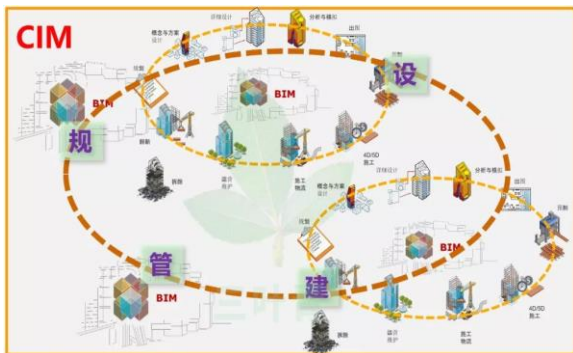
CIM的重要性日益突出，面临空前的发展机遇

2.2. 主要研究方向

- 目前，CIM主要研究方向可划分为三大方向：

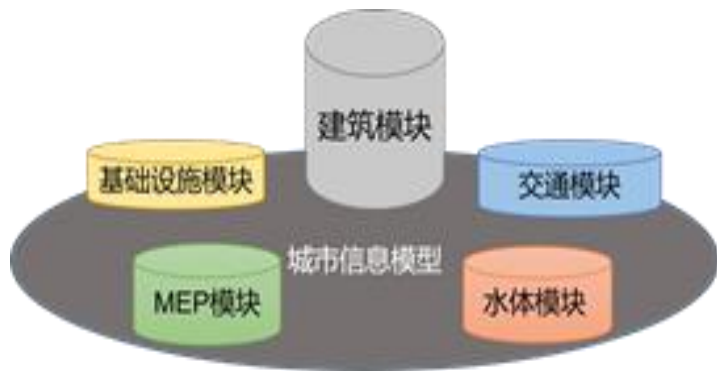
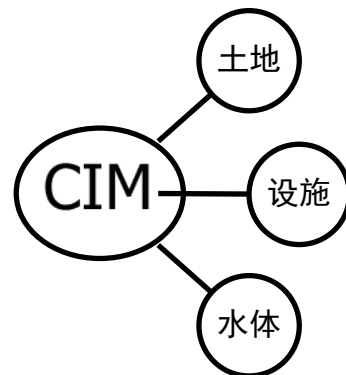


2.2. 主要研究方向——框架设计



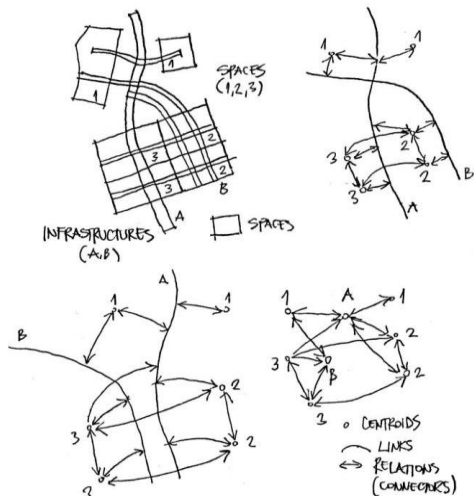
- ✓ 汪深等人认为CIM是BIM的扩展，二者都包括**物质、空间、性能和文化**四个组成结构，所不同的是，CIM在BIM架构的基础上又增添了**城市基础设施**以及**地理信息**两大部分，并**综合了城市全生命周期的管理产业**。

- ✓ Lee等人基于**洪灾分析情境**下，将CIM框架划分为**土地、设施以及水体**三个模块。



- ✓ Xu等人将城市信息模型划分为**建筑、运输、水体、MEP (Mechanical, Electrical & Plumbing)、基础设施**等多个模块。
- ✓ 该架构相对来讲**划分明显更加精细，也更加全面，适用性相对更广**。

2.2. 主要研究方向——框架设计



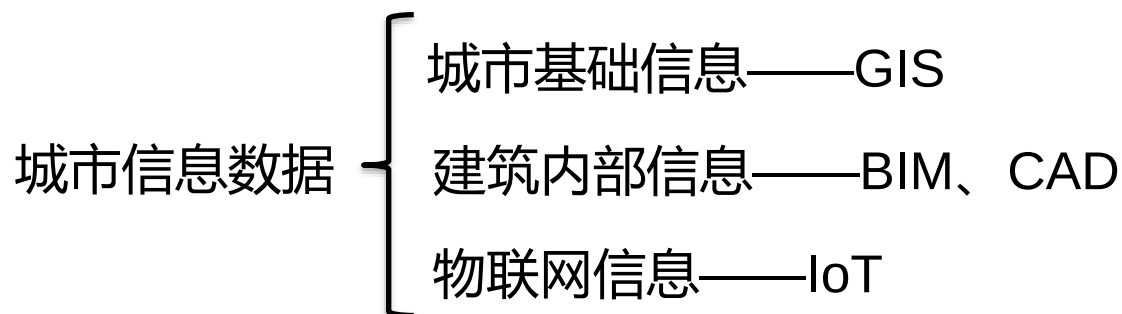
- ✓ 与以上根据**具体要素**进行划分的方法不同，Stojanovski从**城市形态方面**来定义CIM框架，他把CIM的框架定义为是**由无数不可再分割的街区构成**的，每个街区都有自己的一张**属性表**和一个有着对应坐标系的**3D空间**，通过该坐标系在城市空间进行投影，且每个街区都定义边界，不同的街区通过边界建立联系。

■ 小结：

- ✓ 根据CIM框架设计相关的调研可见，目前CIM正处于**起步阶段**，大部分框架的提出都是**基于概念层面**或是一定的情景分析，**精细度和层次性不够，具有一定的局限性**。
- ✓ 而框架设计是CIM技术发展的一大基础。因此，一个**统一的、多层次的、适用性强的**CIM框架依旧是未来CIM领域研究的一大热点。

2.2. 主要研究方向——数据融合

- 建立一个集设计、计算、管理、评估于一体的平台是CIM发展的关键，而CIM平台搭建的重点和难点在于**多源数据的融合**。



- ✓ 目前，结合IoT的研究还非常有限，CIM研究领域主要有三种**建模方式**：
 - 基于实体测量建模
 - 基于CAD与GIS建模
 - **基于BIM与GIS建模**

2.2. 主要研究方向——数据融合

■ BIM+GIS

基于IFC和CityGML两大语义实现BIM与GIS的集成是目前CIM领域研究的热点。

方法	优点	缺点
IFC转化为CityGML	BIM数据可以有效地集成到GIS平台	操作过于复杂，转换过程存在较大的细节损失
建立IFC和CityGML之间的映射规则，确保两个模型之间精确映射	准确度高，绘图效率高	由于IFC包含的信息比CityGML要详细得多，因此IFC和CityGML之间很难实现完整映射
采用能够在BIM平台使用的中间插件提取GIS信息	能够确保数据转换的质量，更为有效地管理数据和分析建筑模型	目前没有通用的数据格式，因此对不同的平台，需要不同的数据接口
基于语义web技术，通过IFC和CityGML两个标准为相应数据提供参考，使原始数据共存，并保持一致性	可实现双向转换，能够较好的避免BIM与GIS融合过程的信息丢失	目前技术还不成熟，语义数据模型的开发耗时费力

2.2. 主要研究方向——可视化

■ 三维可视化



Simstadt 是2013年斯图加特技术高等专业学院开发的一个城市模拟平台，**可展示三维城市的微宏观细节。**

■ 结合VR技术

在2018年俄罗斯叶卡捷琳堡国际工业创新展览会上，一家VR公司展示了在**城市中VR漫游叶卡捷琳堡信息模型。**



■ 结合AR技术



Urban CoBuide应用程序通过**CIM与AR游戏相结合**让用户对城市环境进行探索，让利益相关者参与城市规划，从而收集到城市规划过程中需要涉及的一些信息。

2.3. 主流技术实现平台——国外

■ 国外主流CIM平台功能集中在**建模**和**可视化**方面，但**核心分析功能**尚不成熟。

平台	功能	优点	缺点
Skyline	通过二次开发，能够将BIM数据、地形数据以及相关规范等信息导入GIS平台，并实现可视化。	能够导入多种数据源，并集成大量数据，运行流畅，使城市信息建模更为简便。	分析和评估功能还较为单一
Smart World Pro	能够导入包括BIM、GIS、IoT在内的不同文件类型进行城市信息建模，并可实现对城市建筑阴影的一些分析。	操作简便，可直接在浏览器运行。	目前的分析功能比较单一，没有评估功能
WorldWind	可实现BIM数据和GIS数据融合，并在地图上实现可视化，可对日照、气候等进行分析。	作为一个开源系统，开发者可以根据自身的需求进行二次开发。	分析功能单一
virtualcitySYSTEMS	能够创建基于CityGML的城市模型并进行可视化。	具有高性能的web可视化工具，可导出多种常见的3D格式。	仅限于建模与可视化，没有分析功能

2.4. 典型应用——规划阶段

- 在规划阶段运用CIM技术能够**预览规划成果、优化城市空间布局，促进城市科学规划、高效建设。**



上海杨浦滨江开发区

- 上海杨浦滨江开发区运用鲁班CIM技术1:1可视化还原规划设计成果，**预览建成后整体环境**，进而**对比规划方案**，提升其科学合理性。



河北雄安新区

- 河北雄安新区从规划阶段便开始搭建以CIM为核心的时空大数据平台，建立园区CIM体系，通过“数字孪生”技术，**建设打造智能城市。**



深圳保障房

- 深圳保障房规划建设，运用CIM技术搭建保障房规划建设决策指挥平台，**解决了体量大、任务重的难题。**

2.4. 典型应用——建设阶段

- 在建设阶段应用CIM技术，可以进行建设施工场景可视化、工程量计算、项目进度质量管理等，显著提升建设过程精细化监管效能。



- 重庆仙桃数据谷在建设阶段部署鲁班CIM平台，施工人员可**可视化监管**建筑信息、工程进度、安全数据等内容，**有助于大幅度提升项目的管控水平。**



- 南京市南部新城集中展示区搭建CIM平台，并接入市政基础设施建设，对工地进行**实时监控管理**，以了解现场施工进度，**把控施工质量。**

2.4. 典型应用——运维阶段

- 在运维阶段运用CIM技术，可以消除各系统信息孤岛，实时监控运行态势，及时进行运营维护，可视化应急指挥，进而保障城市正常运行。



青岛中央商务区

- 青岛中央商务区建立了基于CIM的城市综合管理平台，衡量中央商务区总体运行健康发展态势。



南通创源科技园

- 江苏南通创源科技园采用CIM数据平台，在各系统之间进行信息交流和数据共享，对各种非正常情况做出实时判断，进而实施有效的预警联动。



河北南拒马河

- 河北南拒马河防洪治理工程，通过设置感知+物联+智慧+CIM防洪堤坝综合监控管理系统，实现快速、协同、智能管理与科学决策。

2.5. 小结

01

目前 CIM 的内涵正从 City Information Modeling 到 **City Intelligent Model** 不断发展，而且面临着国家**“新基建”战略**带来的重要发展机遇。

04

CIM在国内外的研究**尚未具有显著性差距**，我国在城市信息化建设方面**有明显的后发优势**。



02

CIM研究在国内外都处于初级阶段，**庞大的应用需求**与当前**初期研究现状**是CIM面临的重大矛盾，亟待加快、加大、加强CIM研发工作。

03

CIM在我国的应用已经分布到**城市全生命周期各阶段**中，但尚**缺乏贯穿全生命周期的应用**，发展应用空间广阔。

提纲

1

疫情带来的城市防灾挑战和机遇

2

CIM研究现状

3

基于CIM的城市综合数字防灾

4

结语

3.1. CIM与多灾害模拟

- 大多数城市可能发生的高风险灾害往往不止一种



日本大阪市



台风



地震



城市火灾

3.1. CIM与多灾害模拟



- ✓ 习近平总书记在唐山抗震救灾和新唐山建设40年之际：

“从应对单一灾种向综合减灾转变”

- ✓ 习近平总书记主持召开中央财经委员会第三次会议：

**“实施自然灾害监测预警信息化工程，
提高多灾种和灾害链综合监测、
风险早期识别和预报预警能力能力”**



- ✓ 国务院《国家综合防灾减灾规划（2016—2020年）》：

将“预防为主，综合减灾”作为基本原则

3.1. CIM与多灾害模拟

需求



现实

- 城市规划、应急管理、灾害保险等领域需要**准确、高效、易维护、高真实感的城市区域多尺度、多灾害模拟技术**

- **缺乏适合多灾害分析的统一、共享、多尺度的城市信息模型**，导致各灾种独立分析，缺乏联系和综合防御机制。

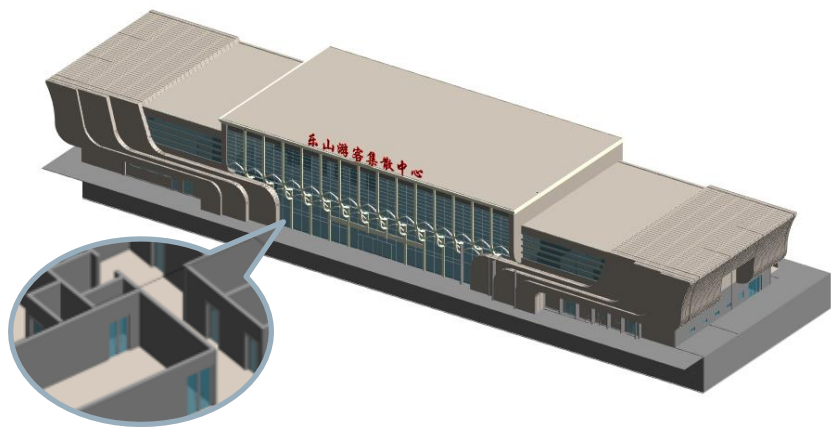


3.2 基于CIM的多灾害模拟框架



3.3 CIM建模

- 城市信息模型实例：**乐山市青江新区基础设施建设BT项目**

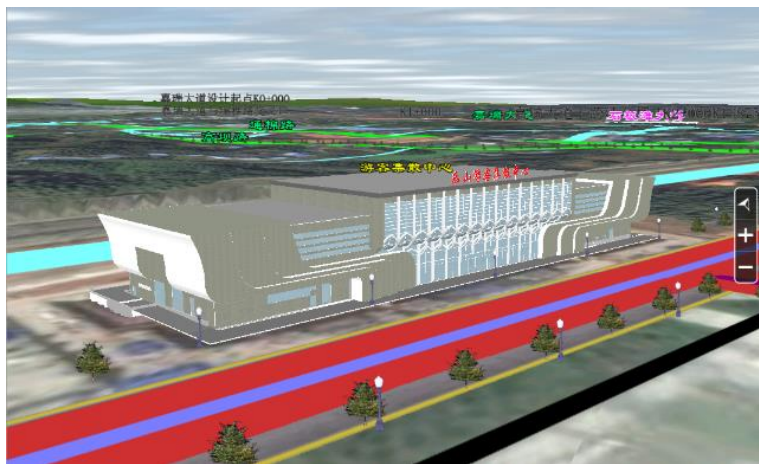


深入构件层面的**BIM模型**



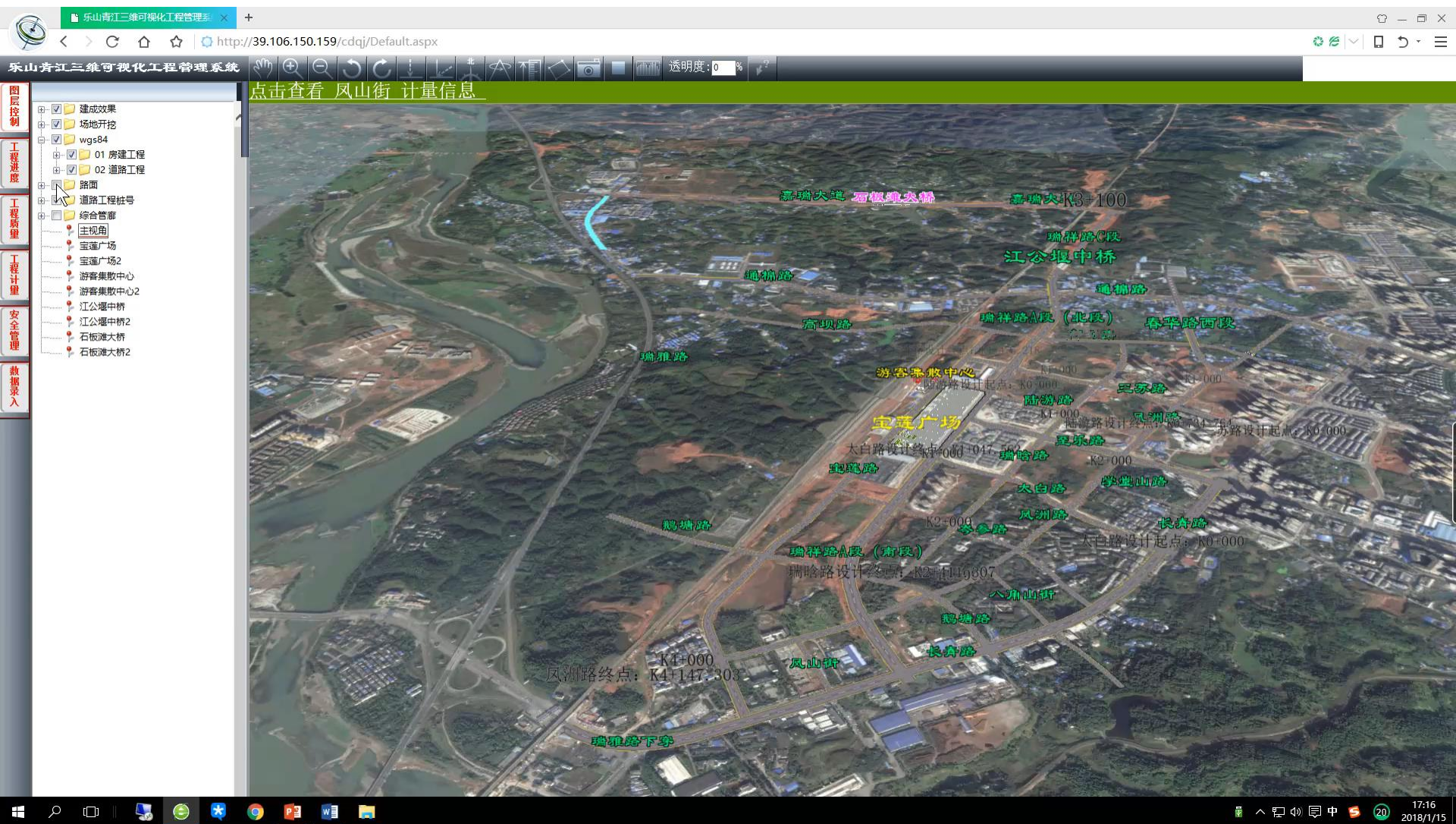
包含路网和地形的**GIS模型**

微宏观结合的
CIM模型



3.3 CIM建模

■ 可查看精细的建筑、桥梁模型，也可以浏览城市整体



3.3 CIM建模

■ 乐山市青江新区基础设施建设BT项目

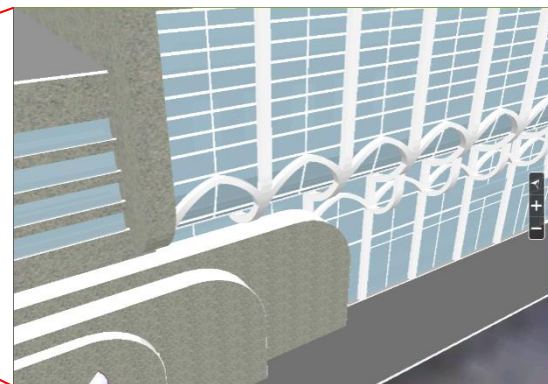
✓ 基于CIM的城市多尺度信息表达



城市



建筑



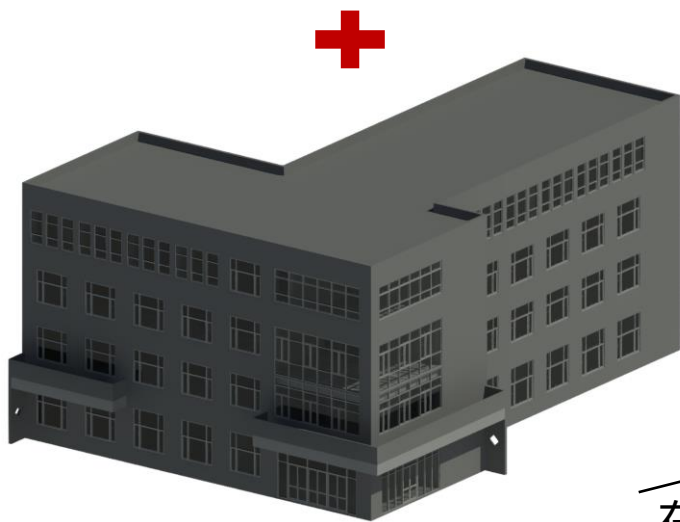
建筑构件

CIM模型为城市多灾害分析提供了
多尺度的数据基础

3.4 清华校园多灾害模拟案例



- ✓ 共统计619栋建筑
- ✓ 区域面积约1.9 km × 2.3 km



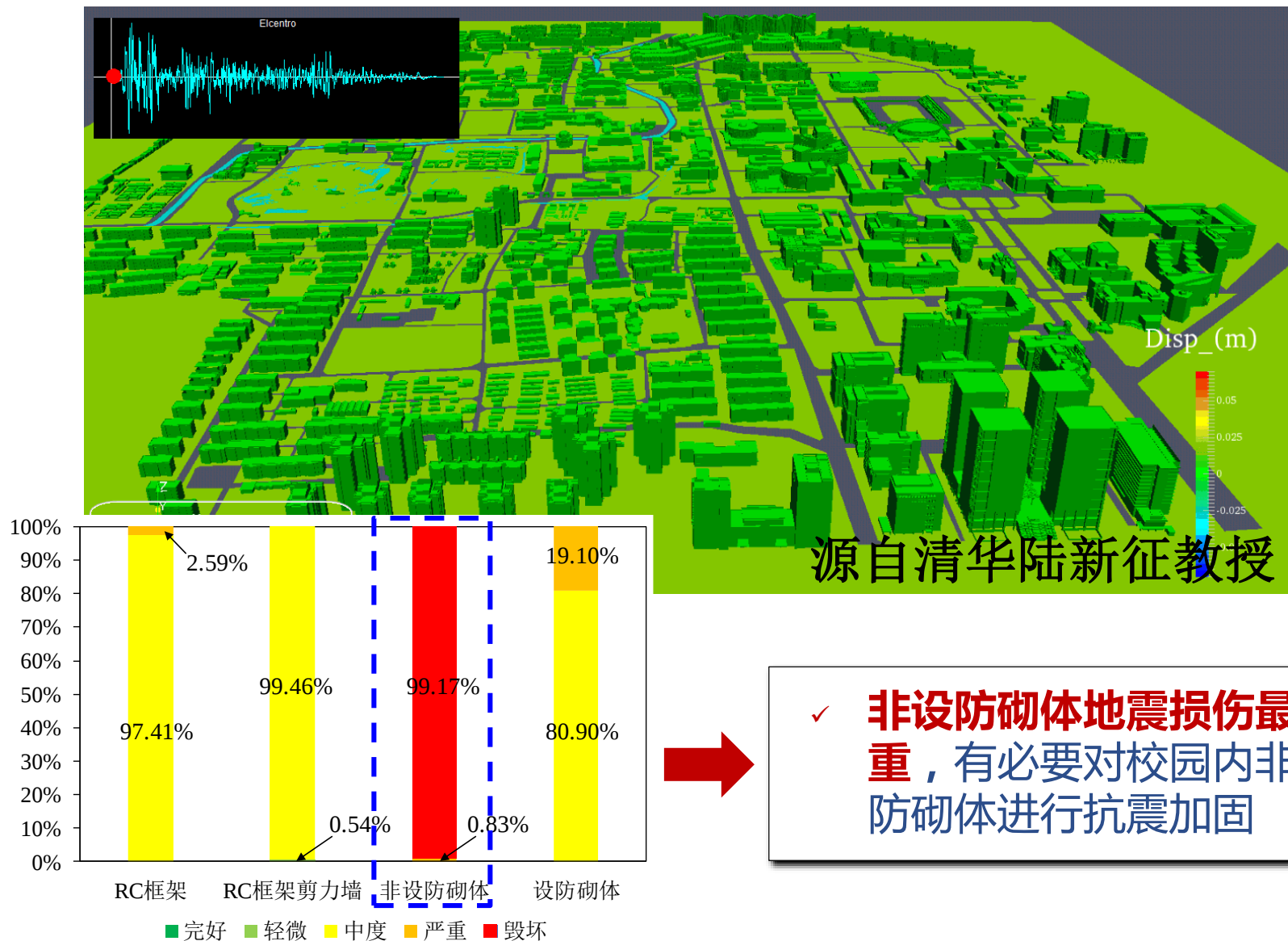
4层钢筋混凝土办公楼



在校园里的
位置

3.4 清华校园多灾害模拟案例

■ 区域建筑群地震模拟

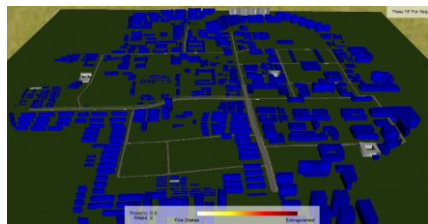
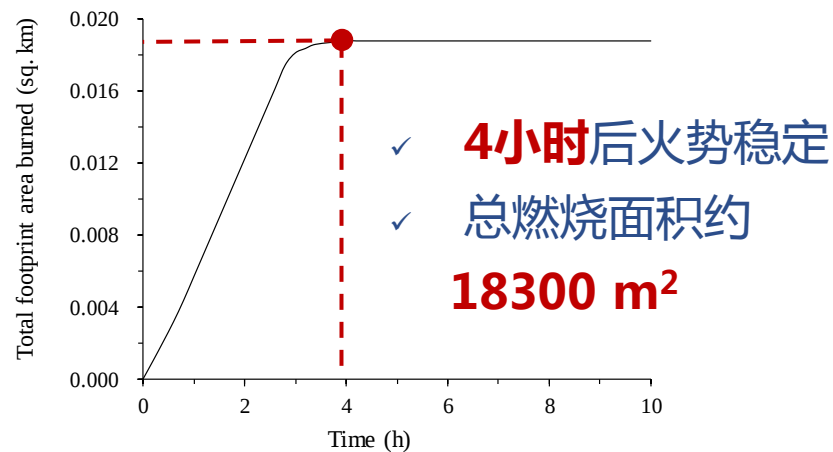


✓ **非设防砌体地震损伤最严重**，有必要对校园内非设防砌体进行抗震加固

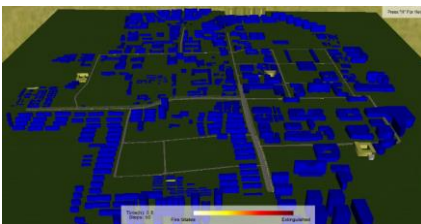
3.4 清华校园多灾害模拟案例

■ 区域建筑群火灾模拟

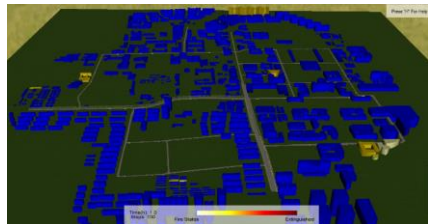
6栋初始
起火建筑



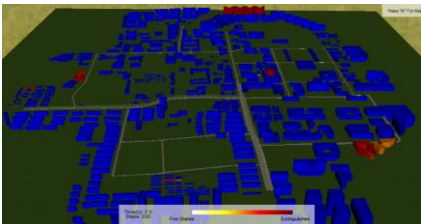
Time = 0.0 h



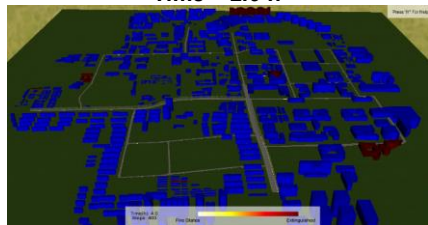
Time = 0.5 h



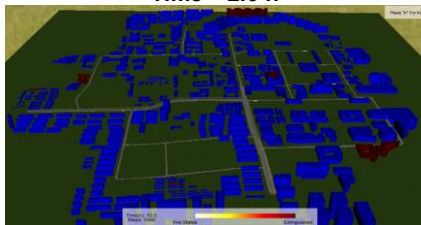
Time = 1.0 h



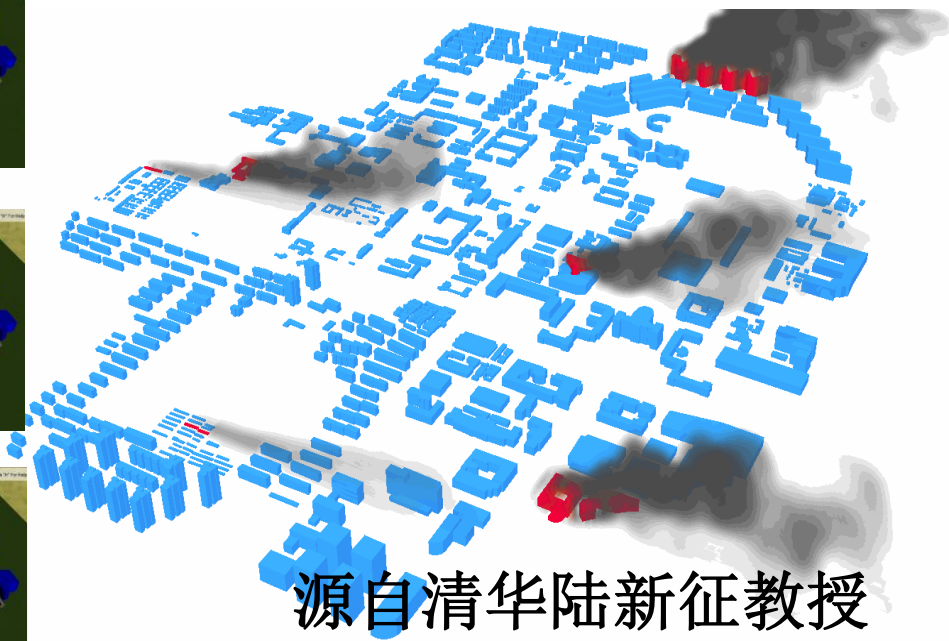
Time = 2.0 h



Time = 4.0 h



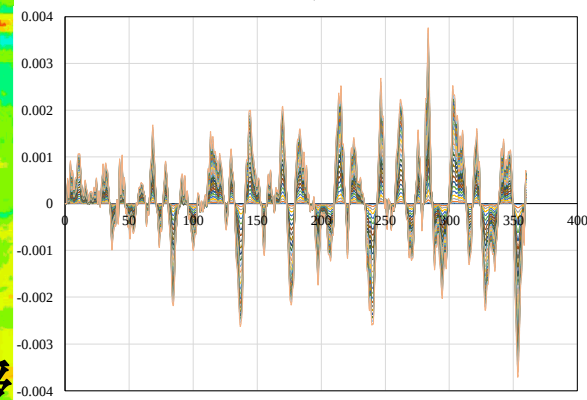
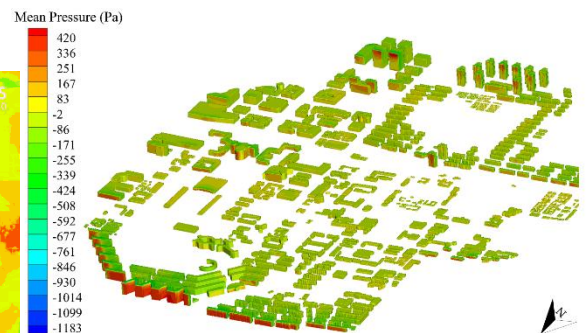
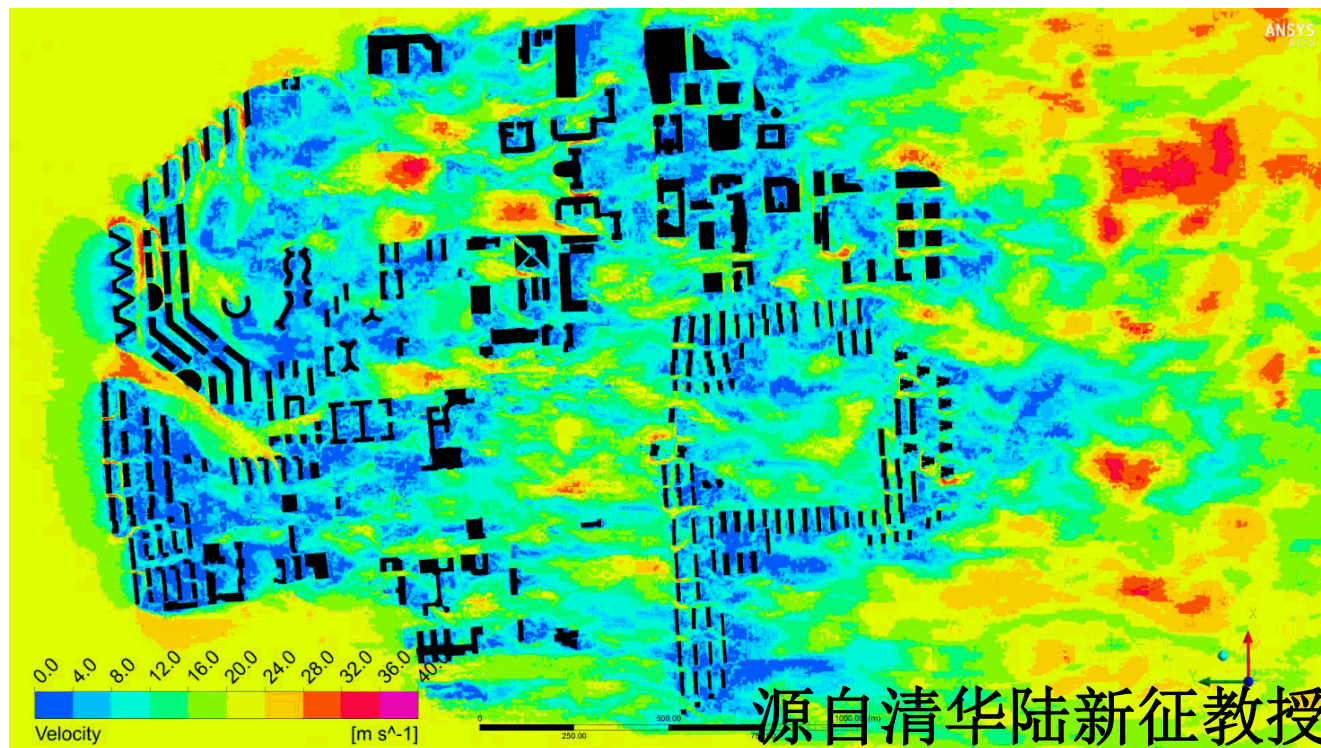
Time = 10.0 h



源自清华陆新征教授

3.4 清华校园多灾害模拟案例

■ 区域建筑群风灾模拟

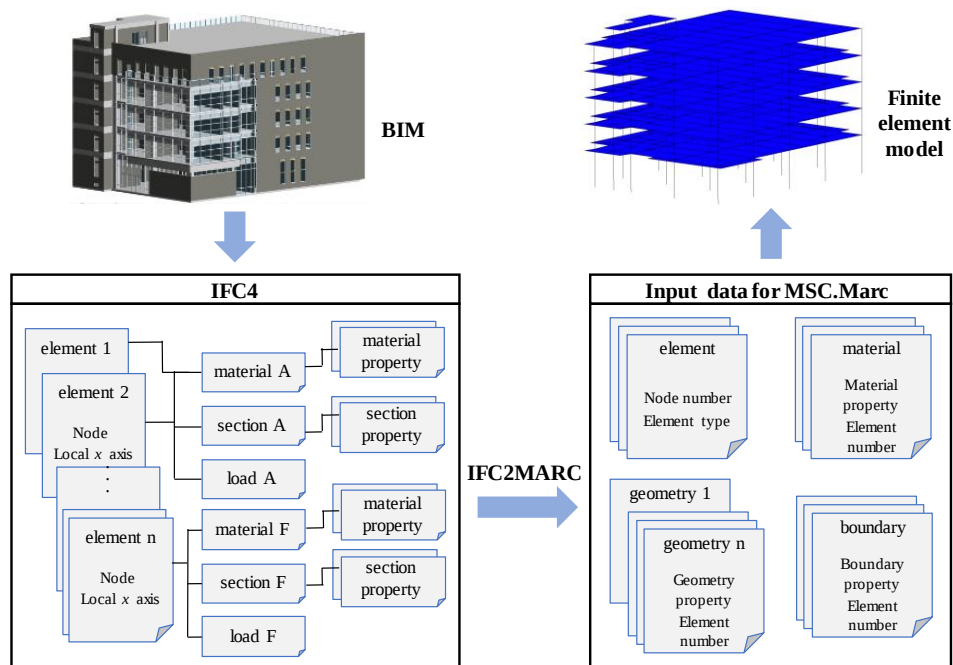


动力风荷载

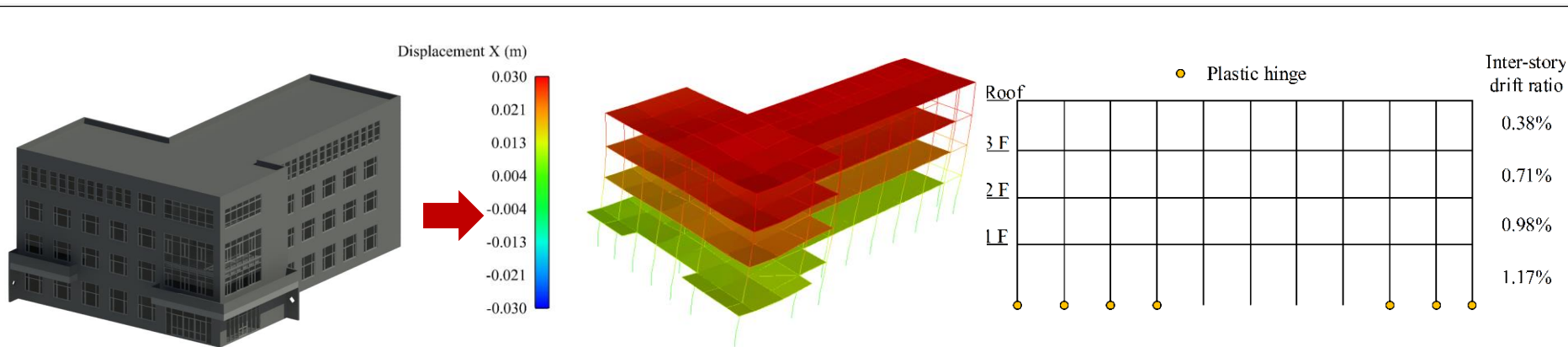
- ✓ 根据HAZUS中的易损性数据，50年一遇风灾情境下清华校园建筑**非结构构件未发生明显损伤**。
- ✓ 大涡模拟得到的建筑表面**动力风荷载**可以用来进一步研究风灾下建筑的动力响应。

3.4 清华校园多灾害模拟案例

■ 单体建筑地震模拟



- ✓ El-Centro地震动, $PGA = 0.4g$
- ✓ 塑性铰主要出现在底层柱的底部
- ✓ 最大层间位移角1.17%, 此地震下结构较为安全。



3.4 清华校园多灾害模拟案例

■ 单体建筑火灾模拟

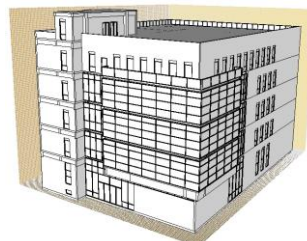


BIM



Revit

FBX file

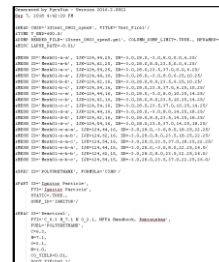


Geometry model



PyroSim

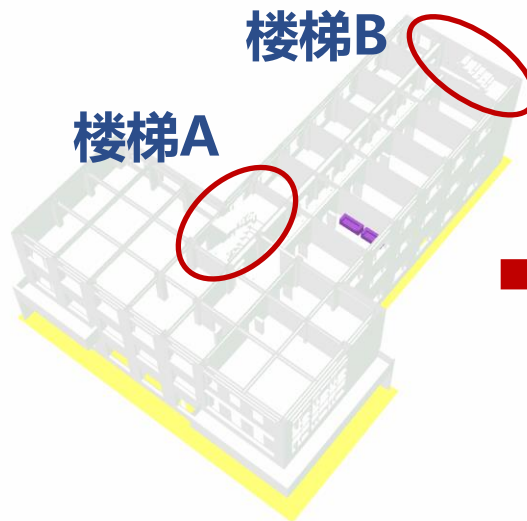
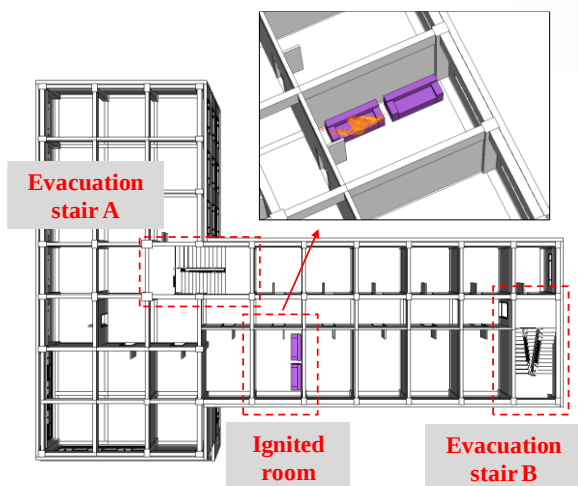
FDS_BUILD



FDS model



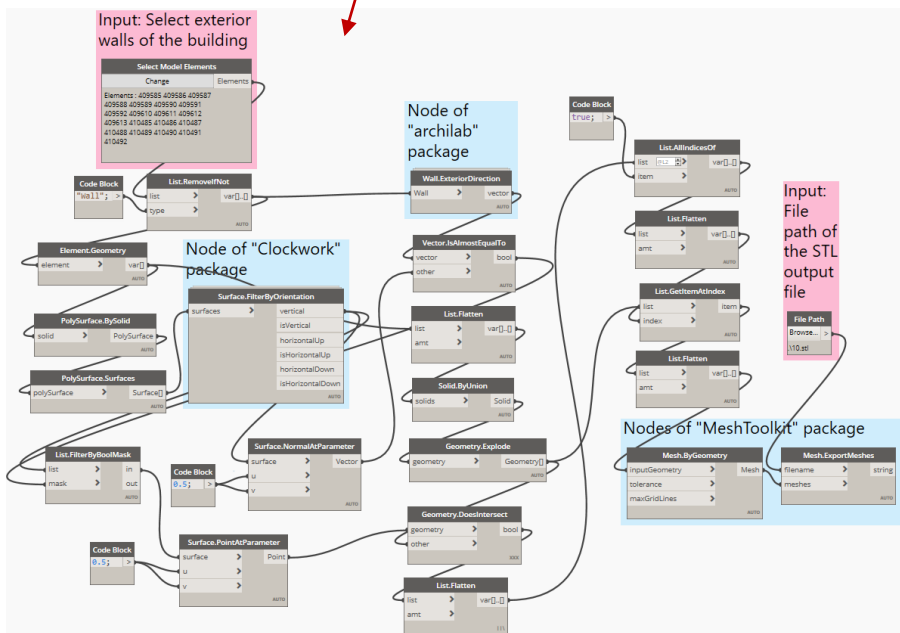
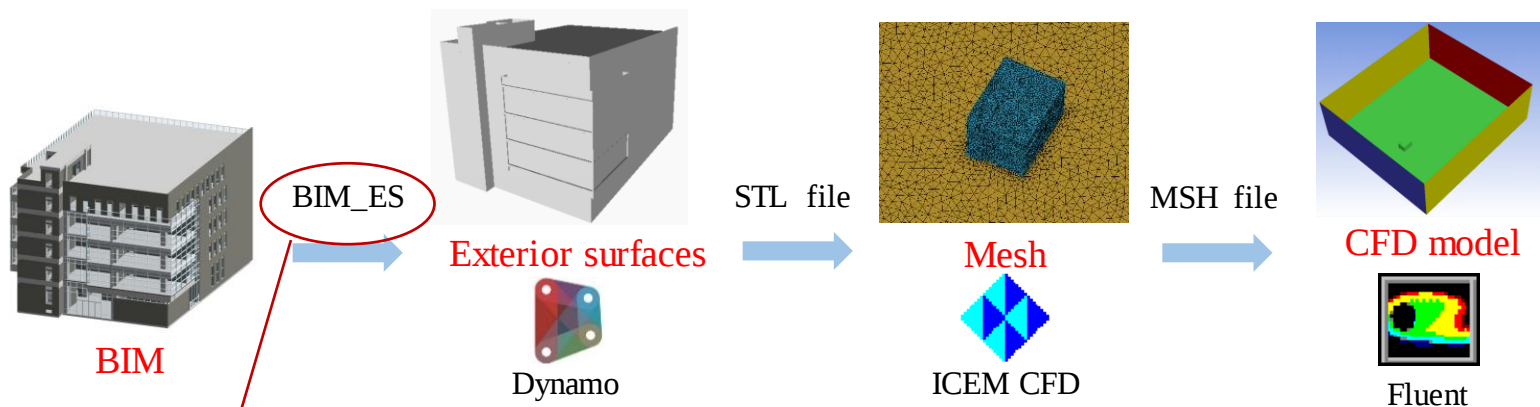
FDS



楼梯A比楼梯B
更有利于逃生

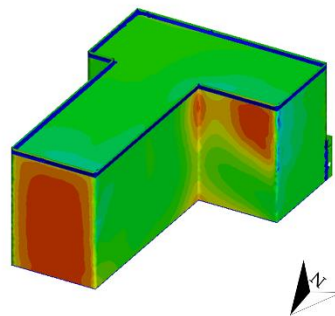
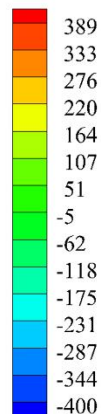
3.4 清华校园多灾害模拟案例

■ 单体建筑风灾模拟



基于可视化编程工具Dynamo的
建筑表面信息自动提取程序

Mean Pressure (Pa)



BIM中丰富的构件信息为建筑的灾损分析提供了极大的便利性

此办公楼建筑在50年一遇风灾情境下，
非结构构件完好。

提纲

1

疫情带来的城市防灾挑战和机遇

2

CIM研究现状

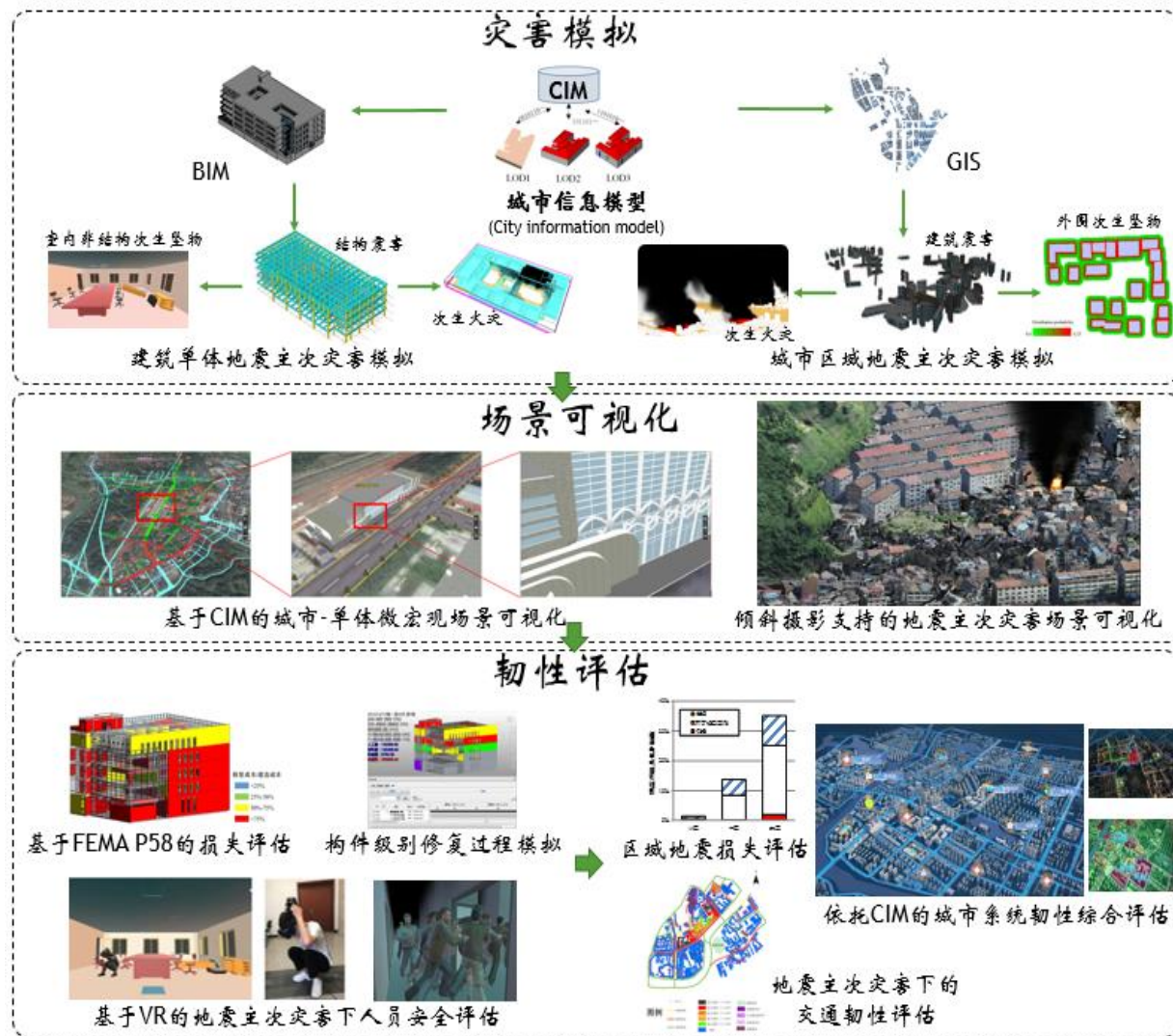
3

基于CIM的城市综合数字防灾

4

结语

结语



更多
创新工作

基于CIM的城市综合数字防灾

多谢大家！ 欢迎提问！

许镇 教授/博导
北京科技大学

xuzhen@ustb.edu.cn



细节信息可关注我们的
微信公众号