

BIM 技术在道路工程设计中的应用研究

魏国容

(中国市政工程西南设计研究总院有限公司, 四川 成都 610000)

摘要: BIM 所构建的 3D 信息模型, 可为道路工程设计提供一个信息流通平台, 有着促进沟通便利、降低设计错漏率和提升工程质量的优点, 能贯穿工程全生命周期, 已经得到了越来越多的推广应用。通过介绍 BIM 的典型特征, 简述了 BIM 技术在道路工程设计阶段的功能实现; 总结了 BIM 技术工程量造价计算、自动化输出功能; 并针对 BIM 技术道路工程设计建模功能展开讨论, 从 3D 路线设计、路基路面建模和快速道路整体建模 3 个方面的应用展开具体研究。最终得出了基于 PowerCivil 软件进行道路工程设计的完整流程, 能够为 BIM 技术在道路工程设计中的进一步推广提供参考。

关键词: BIM 技术; 道路工程; 道路工程设计; BIM 应用

中图分类号: TU17; U412.3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)01-0191-03

0 引言

科技的进步与发展为道路工程设计注入了新的动力, 以 BIM 为代表的 3D 数字化协同设计技术提升了从业人员效率, 推动了行业的整体发展^[1]。

BIM 技术兴起于 20 世纪 70 年代, 由美国学者 Chuck^[2] 提出。我国道路工程设计行业大多停留在 CAD 时代, 近年来已有专家、学者将目光转向了 BIM 技术。2011 年, Shim 等^[3] 将 BIM 技术应用到桥梁设计中, 建立 3D 全桥模型, 并基于此对全桥荷载计算进行辅助应用。国内王良国等^[4] 应用 BIM 技术对高速公路隧道工程施工工序进行拆解并细化, 将施工步骤和结构实体有机结合。王小宁等^[5] 基于 BIM 技术理论, 以平塘特大桥工程为工程实例, 得出设计和施工两方面技术应用方案。徐开华等^[6] 进行 BIM 技术在公路工程设计中的尝试应用, 讨论 BIM 技术所具备的技术特点。孙梦梦^[7] 研究道路工程施工环节中 BIM 技术的灵活应用, 利用 PDCA 循环原理, 优化施工整体环节衔接。

综上所述, 现有 BIM 技术在道桥工程的应用更多体现在桥梁设计和道路施工两方面, 在道路工程设计方向已有尝试, 但具体应用流程(包括操作和衔接)仍有较大空白。本研究讨论了 BIM 技术在道路工程设计阶段的功能实现, 针对 BIM 建模功能展开具体讨论, 旨在为 BIM 技术的进一步推广和提升道路工程设计效率提供借鉴。

收稿日期: 2020-06-02

作者简介: 魏国容(1987—), 女, 硕士, 工程师, 从事道路总体设计工作。

1 BIM 典型特征

BIM 是建筑行业新兴的一种生产理念, 能将工程建设各工种或部门所掌握的项目相关信息高度集成于 3D 数据模型内, 以此贯穿工程项目的全生命周期, 包括项目整体方案确定、设计方案确定、施工进度和运营维护等, 如图 1 所示。此外, BIM 对各工程项目环节相关信息集成并非简单合并, 而是在参数模型基础上建立紧密关联, 实现无障碍传递共享, 具备可视性、可出图性、模拟性、协同性和优化性典型特征。

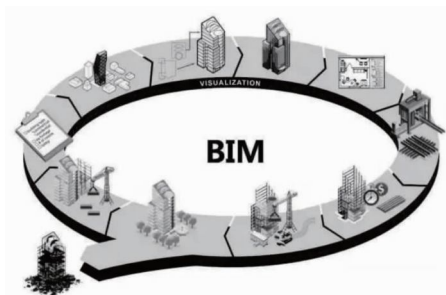


图 1 BIM 的全生命周期示意图

2 道路工程设计功能实现

2.1 地质勘测

相较单点式建筑工程项目, 道路工程具备条带式分布特征, 需和沿线地形地质、水文气象等因素紧密结合, 道路工程设计方案要素也随之动态调整。BIM 技术在道路地质勘测方面主题为周边地质地貌, 建模过程中需与道桥相关专业人员协同工作。呈现出的电子 3D 地质模型可准确反映出现场地质情况, 各

测绘数据能以 3D 形式置于模型内,按地形测绘数据创建出的地形曲面表达丰富,利于制定最佳设计方案,如图 2 所示。

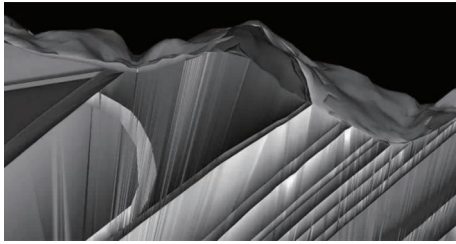


图 2 3D 地质模型

2.2 方案比选

道路工程建设项目多为政府投资基建项目,项目能否立项很大程度上取决于项目可行性报告。报告中所体现的区域经济发展规划状况、交通经济预测、建设技术标准和推荐建设方案,将最终决定项目资金配置和实施方案。政府部门将召集相关国土、水利、环境和建设管理部门对多方案进行可行性探讨,最终做出决策。探讨决策过程中,常因各部门关注点差异或沟通隔阂问题,使方案的不确定性很大,所需调整内容繁杂,缺少集中交流平台。而 BIM 技术所提供的多因素电子 3D 虚拟社会中包含的各影响因子均可灵活调整变动,并能实现可视化实时对比,如图 3 所示。相对于常规文字方案比选,更能提高交流对比论证效率。

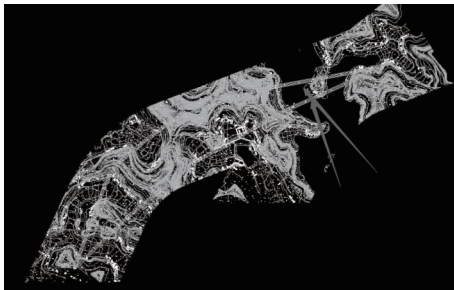


图 3 方案比选对照

2.3 3D 可视化设计建模

Revit 等 3D 可视化 BIM 设计软件,能够明显降低业主相关专业能力要求,降低与专业设计人员间的沟通门槛。相较于常规 3D 渲染软件,Revit 不仅是简单地进行立体效果展示,而且能够内置几何物理分析功能,进行模拟计算分析,具备更佳表现效果。其可以高效地建立起道路交叉口、匝道出入口、桥梁墩台梁板等模型,并能实现单元化利用和个性化更新,通过简单参数设置即可实现模型变动。道路工程设计者更新设计参数时,可即时通过 3D 可视化模型进行校正,大大提升设计效率。设计过程中,Revit 软件可以自动进行碰撞冲突检测和结构稳定性计算验证,如图 4 所示,在设计阶段即可避

免有可能出现的各类施工风险,节约整体项目经济成本。

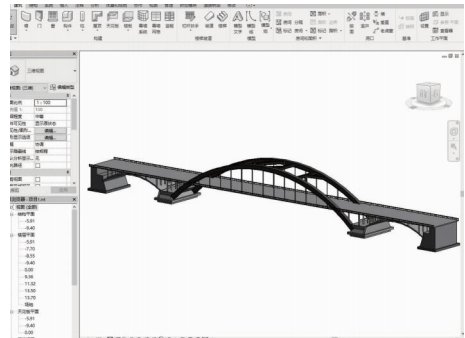


图 4 可视化设计建模

2.4 协同设计

BIM 技术在道路工程设计中的最大特点是能够实现协同设计。基于 BIM 技术平台所搭建的共享信息模型,能让道路工程设计和施工多方人员共同参与,如图 5 所示。在同一信息模型平台上,各方发挥各自专业技术特长,共同进行模型协作、业务协作、文档协作和任务协作,尽可能地降低交流难度,实现高效率、低错误率协同设计。设计项目的平面、纵横断面和地形曲面可直接传达给各方。各方信息集合完成后,BIM 技术构造的协同设计平台将对其进行综合性碰撞检查,计算地形曲面和路线平面、纵断面和横断面等设计要素的可执行性。

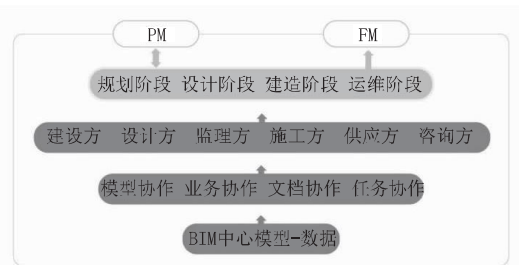


图 5 协同设计流程图

3 设计计算和输出

3.1 工程量造价计算

常规道路工程设计一般采用人工计算的方式得出项目工程量和对应造价,需耗费工程技术人员较大精力,用于阅读和理解图纸内容并进行繁杂计算工作。因 2D 纸质图纸整体呈现出的点线面系统不够直观,因此人工计算得到的工程量造价往往存在一定误差,后续的校核、审核工作也需重复上述工作,存在同样缺陷。BIM 技术所提供的 3D 数据模型,能直观体现道路设计整体的路基、底基层、基层、面层和附属结构,并将内置工程信息集中整合,通过计算机软件调用即可实现高精度、快速计算。涉及工程变更,仅需要更改道路 3D 模型和部分参数,整体

工程量造价计算结果将随之动态变化。

3.2 自动化输出

道路工程最终设计方案往往以图纸形式交付, BIM 技术设计成果形式则体现为信息技术模型。在 BIM 技术全面覆盖推广前, 图纸在工程设计领域仍发挥着重要作用。但在传统 2D 图纸使用过程中, 会不可避免地出现设计意图难以被充分解读、图纸设计布施存在纰漏等问题。一旦出现图纸变更场景, 通常会需要大量工作量对一系列相关图纸进行变更。应用 BIM 技术设计人员的工作重点则转向整体模型精细化提升和信息集成, 由 BIM 相关软件进行自动化输出。图纸变更仅需在模型中对参数进行调校, 可实现全方位图纸实时变动。

4 道路工程设计建模

4.1 3D 路线设计

4.1.1 BIM 地形模型

BIM 技术搭建的地形模型是基于测绘结果得出的 3D 三角坐标, 常用于定义各类地形面, 同时也能绘入下层土体信息, 被称为 DMT, 是道路工程设计的基础性工作。通过 DMT 建立得到的数学地形模型可以提供道路设计所需基础数据。现阶段常用的 BIM 技术相关软件为 PowerCivil, 可提供 Terrain 独立元素文件, 其地形创建编辑、分析应用计算能力强大, 根据狄罗妮三角构建方案, 可生成 xml 和 tin 格式文件, 在地形检查和修改更新方面有便利的操作性。通过常用附带等高值的 Autocad 的二次开发 dwg 文件即可生成 3D BIM 地形模型。

4.1.2 平纵设计

PowerCivil 主要通过导线法实现道路工程主线设计, 即按照测绘地形地貌和规定控制点等要素设置多条导线, 并以各导线交点为基础形成曲线参数, 通过“缓和—圆—缓和曲线”将其平顺连接, 通过软件运算在地形曲面基础上形成纵断面地面线。辅以道路等级和排水要求等条件, 设计纵坡竖曲线, 设计结果如图 6 所示。

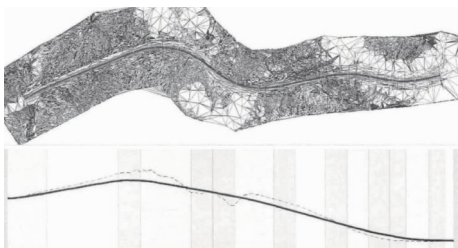


图 6 PowerCivil 平纵设计图

4.2 路基路面建模

利用 PowerCivil 软件进行路基路面建模, 在创建横断面时需要重点考虑 3 个主要参数, 分别为特征点、组件和末端条件。

常见的特征点有沥青路面边缘点、土路肩边缘和道路中心线等, 各节点间通过斜率或直线距离这两个约束条件进行定义。通过对各约束规定标签, 可实现对横断面的具体位置描述, 实现参数化设计目标。组件是一个点组, 对其规定开口类型, 可表征人行道或基层等材质区域。末端条件主要为实现边坡设计功能, 通过逻辑分支确定边坡设置, 能和地形模型进行自动拾取。

4.3 快速道路整体建模

PowerCivil 软件模型的建立基于 2D 平面, 设置各参数后, 通过计算机算法形成 3D 模型。完成平纵横设计内容后, 将道路设计横断面按照路线设计方案进行拉伸, 可快速创建出道路整体 3D 模型。部分道路工程设计方案各横断面存在差异, 需应用多个横断面模版, 如城市道路断面包含公路断面、沥青路面和水泥路面等各类场景。PowerCivil 软件可通过计算机运算, 得出最佳过渡方案(见图 7), 并反映至道路整体模型中。

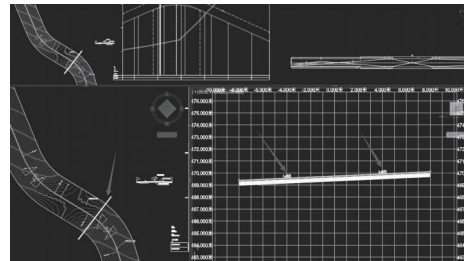


图 7 过渡方案设置

5 结 语

本研究介绍了 BIM 的典型特征, 简述了 BIM 技术在道路工程设计阶段的功能实现, 总结 BIM 技术工程量造价计算、自动化输出功能。针对 BIM 技术道路工程设计建模功能展开讨论, 得出基于 PowerCivil 软件进行道路工程设计的完整流程, 有如下主要结论。

(1) BIM 技术可视性、可出图性、模拟性、协同性和优化性的典型特征, 可实现道路工程信息传递共享, 提升信息调用效率。

(2) 道路工程设计功能实现包括地质勘测、方案比选、3D 可视化设计建模和协同设计, 可准确反映现场地质情况, 提高交流对比论证效率, 避免施工风险, 实现多方人员参与设计。

(下转第 203 页)

[1/50]。结构满足多遇地震和罕遇地震作用下二阶段设计目标。

经 Pushover 分析得到结构最先出现塑性铰的步骤数为第 19 步,查看对应步骤数下的结构构件塑性铰情况,塑性铰在二层柱底端,如图 4 所示,对应二层的层间位移角为 1/280。随着结构加载的进行,首层出现塑性铰的步骤数为第 21 步,查看对应步骤数下的结构构件塑性铰情况,塑性铰在首层柱底端,如图 5 所示,对应首层的层间位移角为 1/315。

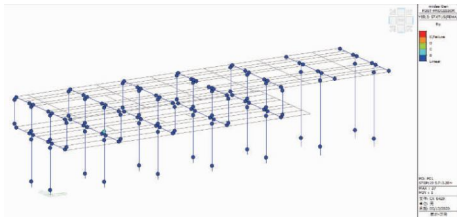


图 4 柱塑性铰(第 19 步)

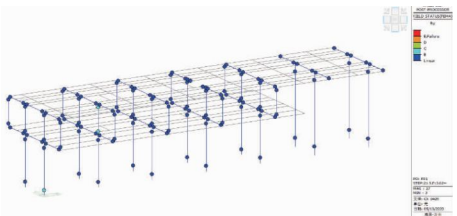


图 5 柱塑性铰(第 21 步)

通过计算结果分析可以得到,塑性铰最先在二层柱端产生,随着推覆位移的逐步增大,二层柱端产生塑性铰的范围扩大,首层柱端也开始产生塑性铰,首层柱端塑性铰的出现较二层滞后。

4 结 语

通过反应谱计算分析发现结构在 X 方向、Y 方

向两个方向抗倾覆能力存在差异,应用基于 Pushover 的分析方法对结构在大震作用下进行弹塑性分析,发现结构超强系数大于 2,结构最先在二层柱端出现塑性铰,随着加载的进行,首层柱端开始出现塑性铰,结构首层关键双柱的塑性铰出现相对滞后。性能点位置层间位移角满足弹塑性规范规定的要求,结构不会出现首层先破坏的现象。利用 Pushover 方法能快速得到分析结果,对结构在方案选型、初步设计具有较好的指导作用。根据塑性铰出现的顺序,进一步对结构薄弱部位进行调整和优化,对类似高架车站结构分析具有参考意义。

参考文献:

- [1] Uang C M. Establishing R (or R_n) and C_d factors for building seismic provisions[J]. Journal of Structural Engineering, ASCE, 1991, 117(1): 19-28.
- [2] Whittaker A, Hart G, Rojahn C. Seismic response modification factors[J]. Journal of Structural Engineering, ASCE, 1999, 125(4): 438-444.
- [3] IBC International building code[S]. International Code Council Inc (formerly BOCA, ICBO and SBCCI), 2006, 4051: 60478-5795.
- [4] Eurocode 8: design of structures for earthquake resistance[S]. 2005.
- [5] CECS 160: 2004, 建筑工程抗震性态设计通则[S].
- [6] ATC 40. Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings[R]. Redwood City: Applied Technology Council, 1996.
- [7] FEMA 440. Improvement of nonlinear static seismic analysis-procedures[R]. Washington DC: Federal Emergency Management Agency, 2005.
- [8] 叶燎原, 潘文. 结构静力弹塑性分析(Pushover)的原理和计算实例[J]. 建筑结构学报, 2000, 21(1): 37-43.
- [9] 翟长海, 谢礼立. 钢筋混凝土框架结构超强研究[J]. 建筑结构学报, 2007, 28(1): 101-106.

(上接第 193 页)

(3) BIM 道路工程设计计算和输出, 可通过计算机软件调用实现高精度、快速计算, 自动化输出全方位图纸并能实时变动。

(4) 道路工程设计建模能够进行 3D 路线设计、平纵横设计, 得出最佳横断面过渡方案, 最终达到快速道路整体建模的目的。

参考文献:

- [1] 宋战平, 肖珂辉, 成涛, 等. 基于 BIM 技术的隧道全生命周期管理及应用研究[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2020, 52(1): 47-53.

- [2] 汪斌. 基于 BIM 技术的道路三维设计方法研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2018.
- [3] SHIM C S, YUN N R, SONG H H. Application of 3D Bridge Information Modeling to Design and Construction of Bridge[J]. Procedia Engineering, 2011, 4: 95-99.
- [4] 王良国, 张建, 刘建华, 等. 基于 WBS 的云茂高速公路金林隧道 BIM 应用研究[J]. 湖南交通科技, 2020, 46(1): 114-118.
- [5] 王小宁, 方笑, 刘天成. 基于 BIM 的平塘特大桥工程质量控制技术[J]. 公路, 2019, 64(9): 36-39.
- [6] 徐开华, 王黎明. BIM 技术在公路工程中的应用浅析[J]. 黑龙江交通科技, 2020, 43(4): 172-174.
- [7] 孙梦梦. BIM 技术在道路工程施工阶段进度管理中的研究与应用[D]. 郑州: 华北水利水电大学, 2019.