

3D 模型交互技术在建筑结构施工图识读中的应用研究

徐卫敏, 王晓翠

浙江建设职业技术学院, 浙江 杭州 311215

DOI:10.61369/EIR.2025030020

摘要 : 针对传统建筑结构施工图识读课程中学生存在的二维图纸认知困难、三维空间建构能力不足的问题, 本文创新性地开发了基于移动终端的轻量化3D交互模型库。以《平法图集》为基准, 依托中望 CADbro 软件开发涵盖基础构件与复杂节点的三维模型库, 并运用二维码技术实现移动端交互。通过两跨连续梁案例验证该模型在教学上的显著优势; 针对钢筋混凝土梁柱节点等复杂构造节点, 模型可预先识别施工空间冲突, 为优化施工提供更科学的解决方案。

关键词 : 施工图识读; 3D 轻量化模型; 交互技术; 二维码; 复杂节点

Research on the Application of 3D Model Interaction Technology in Construction Drawing Reading of Building Structure

Xu Weimin, Wang Xiaocui

Zhejiang College of Construction, Hangzhou, Zhejiang 311215

Abstract : To address students' cognitive challenges with 2D drawings and limited 3D spatial visualization skills in traditional Structural Construction Drawing Interpretation courses for architectural structures, this paper presents an innovative lightweight 3D interactive model library based on mobile platforms. Guided by the Planar Integrated Representation Standards for Concrete Structure Construction Drawings and Detailing Specifications, we developed a 3D model library using ZW CAD bro software. This library encompasses both basic structural components and complex joints, with mobile interactivity enabled through QR code technology. The pedagogical benefits of the model are demonstrated via a case study of a two-span continuous beam. For intricate construction joints, such as those in steel-reinforced concrete (SRC) structures, the model identifies potential spatial conflicts prior to construction, offering scientifically optimized solutions.

Keywords : construction drawing reading; 3D lightweight model; interactive technology; QR code; complex nodes

引言

建筑结构施工图识读是建筑工程技术专业的核心内容, 以《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图》(22G101-1) (以下简称《平法图集》) 为教学依据。由于图集内容均为二维平面, 学生理解难度大。为辅助教学, 课程设置了钢筋翻样实训辅助教学^[1], 但当前仍以多媒体课件、现场影像等传统模式授课, 存在教学枯燥、效果不佳的问题。

为增加课堂吸引力, 已有部分研究针对教具和课堂教学的设计进行改革, 如陈丽娟^[2]应用绘图工具、石膏模型等直观的教具协助教学。这类方法对传统教学效果有所改善, 但仍缺少对实体结构的三维认知。目前也有部分针对3D交互技术的研究, 以期提高学习的趣味性。如刘粤^[3]等基于AR技术建立三维框架视图模型, 用户可以通过旋转视角展示三维模型, 但是仅局限于各个角度查看模型, 教师单向操作, 学生被动观看, 无法真正的交互。另外, 有较多研究提出利用BIM技术^[4]建立三维可视化模型, 利用模型三维渲染动画等协助施工图识读。然而查看BIM模型需要安装大型的Nayjsworks或revit等软件, 这对于课堂应用和课后复习巩固都有很大的障碍; 张玉峰^[5]等基于Web3D技术, 介绍了多种建立三维交互模型的软件应用, 但是也只能通过电脑才能查看。

基于以上现状, 本文利用三维建模软件, 创建钢筋混凝土构件的3D模型库, 并生成二维码, 学生利用移动终端(如手机、平板或电脑)直接扫码查看模型, 显著提升教学效果和乐趣。

项目来源: 绍兴市高等教育教学改革项目(SXSJG202231)。

作者简介: 徐卫敏(1982-), 女, 硕士, 讲师;

王晓翠(1981-), 女, 硕士, 副教授。(Email: 29331914@qq.com)

一、3D交互模型技术体系构建

（一）3D模型创建思路

目前市面主流三维建模软件（如 Revit、3DMAX 等^[6]）虽可构建模型，但普遍缺乏用户交互功能。部分软件虽支持有限的交互，却需依赖高性能计算机进行模型展示，且仅允许预设视角观察，严重制约实际应用效果。

本文采用中望 CADbro 构建三维模型，通过二维码技术实现手机端轻量化交互。用户可通过触屏自由旋转缩放模型，并利用截面剖切、构件隐藏等功能直观解析钢筋混凝土构件细部构造，从而深入掌握制图规则和构造要求。

（二）模型类型

我们构建全面的钢筋混凝土构件构造模型库，可满足从基础构件到复杂节点的全场景教学与工程应用需求。

1. 基础构件构造模型

模型包括两跨连续梁、柱纵筋锚固、柱纵筋连接等常规构造做法，对比《平法图集》中的钢筋构造要求，标注钢筋的关键信息，模拟绑扎搭接、机械、焊接三种连接方式的构造，夯实施工图识图基础。

2. 复杂节点构造模型

复杂节点模型如多梁柱节点连接构造、型钢混凝土组合节点等，展示节点区复杂的梁柱钢筋布置、钢筋与型钢的连接、开孔等设置，突破空间认知，辅助施工。

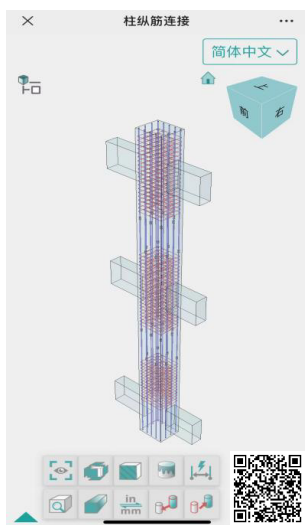


图1 3D模型手机显示界面及二维码示例

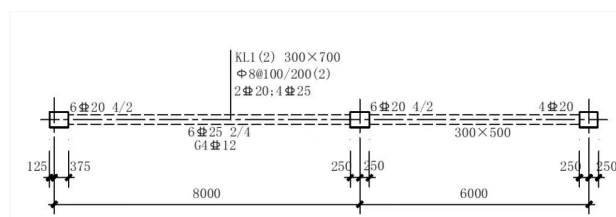


图2 梁平法施工图示例。

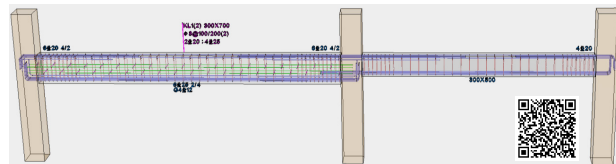


图3 两跨连续梁三维模型及二维码

尽管《平法图集》中注写规则清晰，但多数学生无法同步掌握制图规则与构造做法。如该梁左支座上部钢筋标注为6C20 4/2（如图4所示），根据制图规则，可知支座一共有6根20的钢筋，其中第一排为4根，第二排为2根。结合构造要求，又可知第一排的4根中，两根角筋是贯通钢筋，中部两根则需要距离支座边 $l_n/3$ （ l_n 为梁净跨）的位置截断；第二排的两根钢筋需要在 $l_n/4$ 的位置截断，而往往大量学生无法绘制出正确的钢筋翻样图。结合三维模型，可以清晰的看到这些钢筋的排放位置和设置要求，同时，也清晰地显示了梁纵筋在支座中的锚固构造做法，如图4所示，大幅降低教学难度与学生学习难度。

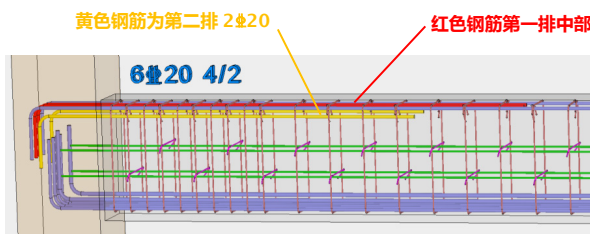


图4 梁左支座上部钢筋详图

二、3D交互式模型的应用

（一）教学应用

常规教学中发现，学生在识读混凝土结构施工图时，常因二维图纸不够具象而难以将制图规则与三维构造对应，导致难以独立完成钢筋翻样图绘制。因此，构建三维模型，辅助学生理解制图规则与构造做法的对应关系，是较为有效的解决途径。

本文以图2所示的一根两跨连续梁平法施工图为例，要求学生读懂梁施工图的同时，绘制该梁的钢筋翻样图，即梁的纵向剖面图和必要的横向剖面图，表达出所有钢筋的构造做法及具体尺寸。

因此我们建立了该梁的三维模型，并生成二维码，如图3所示。用手机扫码即可查阅的轻量化3D模型，在手机界面可实现动态剖切、旋转和放大缩小查看模型，成功解决了传统教学中二维图纸抽象化的痛点，增强教学乐趣和效果。

（二）工程应用

如今，随着超高、超限高层建筑的增加^[7]，结构中的复杂节点也越来越多，如型钢混凝土连接节点，该类型节点通常钢筋的连接、锚固、穿插等关系十分复杂，施工工序复杂、模板安装准确度要求高^[8]，操作不当容易影响建筑结构的安全性。因此，创建轻量级3D模型辅助设计和施工，可以有效预先解决钢筋空间碰撞等问题。

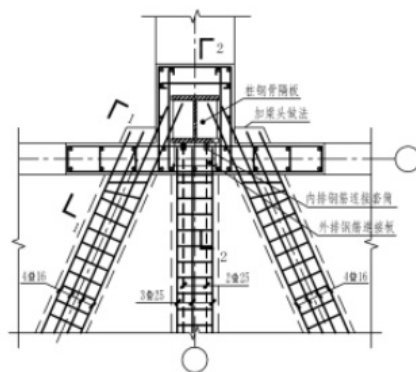


图5 型钢剪力墙与混凝土梁连接节点详图

本文以混凝土梁与型钢混凝土（SRC）剪力墙的连接节点为例进行介绍（如图5）。工程实践表明^[9-10]，型钢骨架及钢筋网过密容易影响混凝土浇筑质量，易产生蜂窝、孔洞等施工质量缺陷；此外，在节点有限的空间内钢筋定位偏差易导致锚固长度不足或传力路径偏移，从而影响结构可靠性。

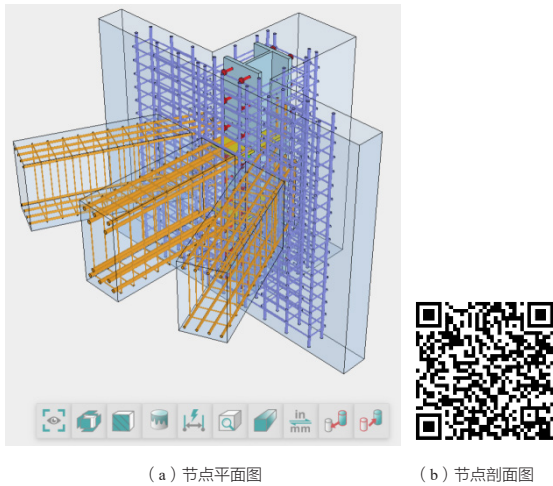


图6 型钢剪力墙与混凝土梁连接节点模型

为系统性解决上述问题，施工前依托轻量化3D模型（图6），可实现三大控制目标：

1. 优化钢筋布置，采用绕行、开孔穿筋或机械锚固等技术措施解决空间碰撞的问题；
2. 验证混凝土浇筑方案可行性，优化浇筑顺序，保证混凝土浇筑质量；
3. 借助模型辅助技术交底，将传统“施工发现问题-停工协调-设计变更”的被动模式，转变为“虚拟建造预判-协同优化-标准化施工”的主动管控模式，大幅减少施工返工，保障施工工期与质量。

三、总结与展望

随着交互式轻量级3D建模技术在建筑结构施工图识读教学中的创新应用，教学效率与效果显著提升。不仅学生能通过直观可视化的模型深度理解复杂结构构造节点，更能在施工前预判潜在问题，规避后期改造的高昂成本。通过模型库建设，我们致力于构建“教学-设计-施工”数据贯通协作链，形成覆盖设计、施工、验收全流程的技术闭环。

未来，我们将持续开发3D模型库，重点构建转换层节点、柱脚锚固节点、大跨度悬挑支座节点等复杂构造模型，为辅助教学提供更好的资源，为建筑工程优化施工提供更科学的解决方案。

参考文献

- [1] 成如刚. 开设钢筋翻样专业的思考 [J]. 高等建筑教育, 2020, 19(2): 43-46.
- [2] 陈丽娟. 《建筑施工图识读》课程情境教学方法解析 [J]. 建筑技术, 2021, (1): 164.
- [3] 刘粤, 陈丽红, 邓积平等. 基于AR技术的施工图识读课程教学模式研究与实践——以建筑结构施工图识读课程为例 [J]. 教学教法, 2021, (4): 104-106.
- [4] 赵盈盈, 涂中强等. BIM技术在建筑类课程教学中的应用研究 [J]. 理论探索, 2016, (7): 55-57.
- [5] 张玉峰, 徐礼华. Web3D技术在土木工程专业CAI网络课件研制中的应用与实践 [C]. 第九届全国高校土木工程学院(系)院长(主任)工作研讨会, 南京, 2008.
- [6] 姜钦莹, 许燕红等. 基于REVIT平台进行钢筋翻样的可行性分析 [J]. 建筑论坛, 2016(3), 1918.
- [7] 张尘宇. 型钢混凝土组合筒体的力学特性研究以及在超高层建筑中的应用 [D]. 贵州大学, 2016.
- [8] 侯建民. 论高层建筑钢与混凝土组合结构设计浅析 [J]. 城市建设理论研究(电子版), 2018(21): 45.
- [9] 施纯德. 超高层建筑型钢混凝土组合梁柱施工方法及质量控制 [J]. 福建建材, 2020 (07): 87-89.
- [10] 李景文, 刘洋等. 钢骨混凝土组合结构在超高层建筑施工中的应用 [J]. 施工技术, 2016, 45(08): 43-46.