

高层住宅楼邻近铁路建设数值分析及涉铁安全建议

万 伟

(广东省铁路规划设计研究院有限公司, 广东 广州 510000)

摘要: 在铁路安全保护区或邻近区域建设高层住宅楼,将对既有铁路运营安全造成一定风险。针对此类问题,以某高层安置房项目建设为例,基于其地下室平面尺寸大、基坑深度超过一定规模、地上住宅楼层高和邻近既有铁路的工程特征,分析其地下室施工、高层住宅楼建设和安置房运营对既有铁路运营安全造成的风险,采用三维建模数值模拟的方法,判断项目建设运营期间各施工工况对既有铁路路基的影响,同时提出有效的防范措施,以规避风险,降低项目实施阶段对既有铁路的不利影响,确保铁路的运营安全,为未来城市经济社会高速发展过程中类似的涉铁高层住宅楼建设和实施提供参考。

关键词: 铁路路基;深基坑;高层建筑;数值模拟;邻近铁路营业线

中图分类号: TU997

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2026)04-0369-05

Numerical Analysis of Railway Construction near High-rise Residential Buildings and Railway-related Safety Suggestions

WAN Wei

(Guangdong Railway Planning and Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510000, China)

Abstract: The construction of high-rise residential buildings in railway safety protection zones or adjacent areas will pose certain risks to the operational safety of existing railways. In view of such problems, taking the construction of a high-rise resettlement housing project as an example, based on the engineering characteristics of its large basement plane size, foundation pit depth exceeding a certain scale, high residential floors above ground, and proximity to the existing railway, the risks brought by the basement construction, high-rise residential building construction, and resettlement housing operation to the safety of the existing railway are analyzed. A three-dimensional modelling numerical simulation method is used to judge the impact of each construction condition on the existing railway subgrade during the construction and operation of the project, and the effective preventive measures are proposed to avoid the risk, reduce the adverse impact on the existing railway in the implementation stage of the project, and ensure the operation safety of the railway, which provides a reference for the construction and implementation of similar railway-related high-rise residential buildings in the rapid development of urban economy and society in the future.

Keywords: railway subgrade; deep foundation pits; high-rise buildings; numerical simulation; close to operating railway line

0 引言

近年来随着城市经济社会高速发展,为提升城市品质,改善居民的居住环境,政府大力推进城中村改造民生工程,提升居民日常生活基本保障水平。随着铁路路网的快速构建,以及城市用地的日益紧张,高层安置房邻近铁路建设的现象逐渐出现。

高层住宅建筑作为快速城镇化进程中的主流居

住解决方案,其研究呈现多学科交叉、多维度整合的特点。国内外研究主要关注其结构安全、健康环境、地域文化、低碳技术、邻近施工影响等方面。在结构安全方面,研究主要聚焦结构设计^[1]、抗震、防火^[2]和消防等。在健康环境方面,研究主要聚焦人们的身体健康^[3]、居住环境^[4]等。在地域文化方面,研究主要聚焦如何通过建筑设计延续区域文化^[5]、重塑民族风^[6]。在低碳技术方面,研究主要聚焦低碳设计理念^[7]和低碳节能材料的应用^[8]。在邻近施工影响方面,研究主要聚焦建筑施工对邻近构筑物的影响分析^[9-10]。然而,在邻近施工影响方面,现有研究

收稿日期: 2025-06-10

作者简介: 万伟(1990—),男,学士,工程师,从事桥梁设计施工工作。

仍存在一些薄弱环节。已有研究主要关注邻近施工对既有构筑物的位移变形影响,缺少项目实施运营期对邻近建筑物产生的风险分析;对邻近铁路建设高层住宅这一现实工程问题的研究较少。

本文以某拟建高层安置房邻近既有铁路建设为背景,分析邻近铁路的住宅楼建设和运营对铁路运营带来的安全风险。同时,采用三维建模对施工过程进行数值模拟,分析各施工工况对既有铁路路基的影响,并提出安全、有效的防范建议。

1 工程概况

某拟建高层安置房项目东侧邻近既有铁路路基,地上拟建2栋住宅楼,每栋32层(高99.90 m),地下室3层(长108.4 m、宽37.5 m、高10.90 m),主体采用框架结构、筏板基础。

既有铁路为有砟轨道铁路,非电气化,安置房邻近处的铁路结构形式为路堑,铁路两侧为排水边沟和浆砌片石路堑挡墙,铁路西侧有1处砖砌围墙。

住宅楼外墙距离既有铁路中心线27.8 m,地下室外墙距离既有铁路中心线18.8 m。安置房与铁路的平面关系如图1所示。

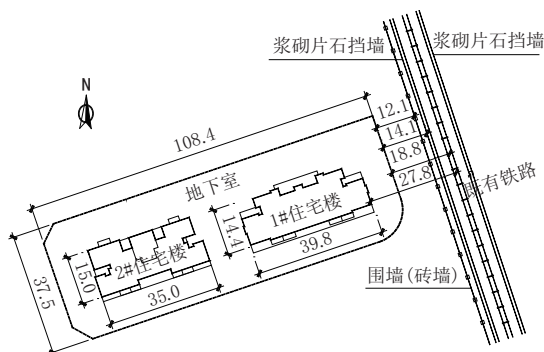


图1 安置房与铁路平面位置关系(单位:m)

地下室基坑东西长约118 m,南北宽约42 m,基坑开挖深度约为13.65 m,局部开挖深度为17.15 m。基坑东侧采用“双排桩+2道钢筋混凝土内支撑支护”;双排桩均采用 $\phi 1.2 \text{ m} @ 1.8 \text{ m}$ 钻孔桩。基坑其余区域采用“单排桩+2道钢筋混凝土内支撑支护”。支撑梁与联系梁之间设置支撑立柱。止水帷幕采用 $\phi 1.2 \text{ m} @ 1.8 \text{ m}$ 素混凝土桩咬合止水。外排支护桩外缘距离既有铁路中心线11.5 m,距离浆砌片石挡墙6.8 m,距离围墙4.9 m。基坑支护结构与铁路位置关系如图2、图3所示。支撑立柱结构如图4所示。

2 水文、地质情况

场地岩土层按成因类型划分为第四系人工填土

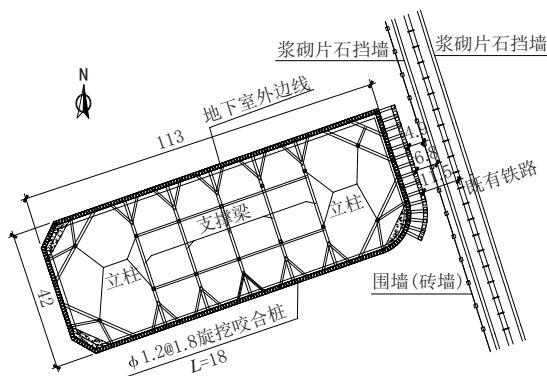


图2 地下室基坑与铁路平面位置关系(单位:m)

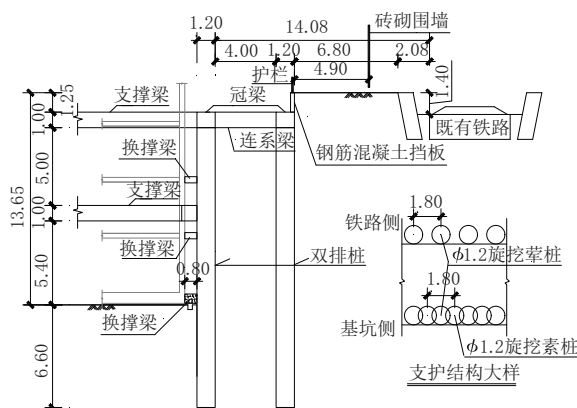


图3 地下室基坑与铁路立面位置关系(单位:m)

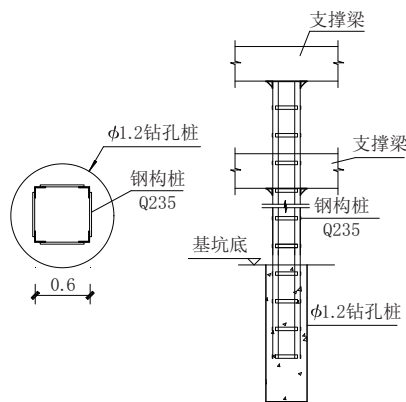


图4 支撑立柱结构(单位:m)

层及冲积土层,下伏基岩为白垩系下统白鹤洞猴岗段砂岩(K1b1),场地岩土从上至下依次为①人工填土、②₁淤泥或淤泥质土、②₂粉砂、③粉质黏土、④₁强风化泥质粉砂岩、④₂中风化泥质粉砂岩、④₃微风化泥质粉砂岩。地下水埋深为1.20~2.20 m。工程地质剖面如图5所示。

3 涉铁安全风险分析

3.1 高空坠落物风险

高层建筑上的物品在强风、地震、结构老化或人为失误情况下,可能坠落到铁路线路上,直接威胁运行中的列车安全。

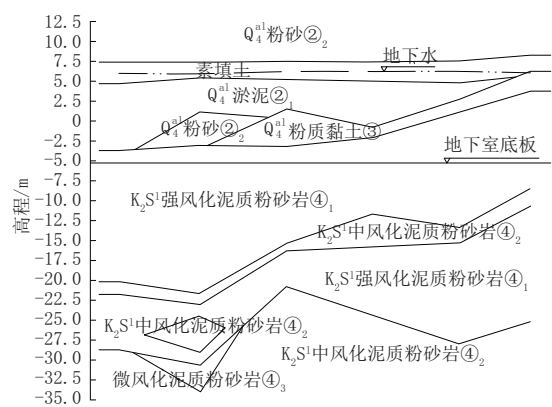


图5 工程地质剖面

3.2 建筑结构风险

高层建筑本身因地基不稳或遭遇超强自然灾害时存在倒塌侵入铁路限界的风险。

3.3 施工期风险

桩基施工产生的强烈振动、基坑失稳垮塌引起的土体变形,可能传递至邻近的铁路路基和轨道结构,引发铁路路基沉降或位移,导致轨道几何尺寸发生变形,影响列车运行的平稳性,极端情况下可能引发列车脱轨风险。

大型机械设备管理不善或发生倾覆,其吊臂或机身可能侵入铁路限界,与行驶中的列车发生碰撞。

高层住宅楼外脚手架可能失稳垮塌坠落到铁路线路上,威胁铁路运行安全。

4 施工过程数值模拟

利用岩土有限元软件 MIDAS GTS 建立三维模型,进行数值模拟,分析各工序作业对既有铁路路基的影响(见图6)。

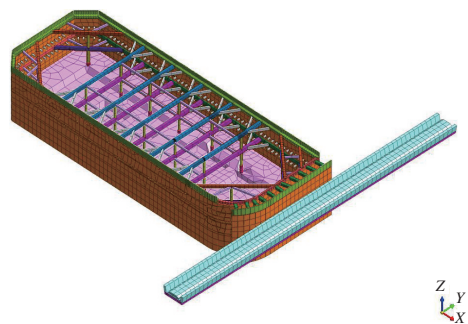


图6 有限元数值模拟分析

4.1 工况设置

本文对18种工况进行分析,具体工况分析内容如表1所示。

4.2 模型参数选取

采用项目模型对地层进行简化。岩土力学参数依据建设项目岩土工程勘察报告提供的地质参数和

表1 基本模型分析工况

工况	简述
1	钻孔咬合桩、支撑立柱桩施工
2	基坑第一层土方开挖
3	冠梁、挡墙、第一道内支撑施工
4	基坑第二层土方开挖
5	围檩、第二道内支撑、支撑格构柱施工
6	基坑第三层土方开挖至坑底
7	支撑格构柱施工
8	坑中坑开挖
9	地下室施工至第二道内支撑底
10	换撑板施工、基坑回填至第一道换撑梁底、第一道换撑梁施工
11	拆除第二道内支撑
12	地下室施工第一道内支撑底
13	基坑回填至第二道换撑梁底、第二道换撑梁施工
14	拆除第一道内支撑
15	地下室施工至地面
16	基坑回填至原地面
17	地上住宅楼建设
18	安置房运营

相关工程经验确定(见表2)。

表2 主要地层物力学参数

地层编号	容重/($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	内摩擦角/($^{\circ}$)	黏聚力/ kPa	压缩模量/ MPa	泊松比
①	18.1	6.0	10.0	4.32	0.33
② ₁	16.0	3.5	7.0	2.55	0.35
③	18.9	18.0	24.5	5.13	0.30
④ ₁	20.2	20.0	36.0	5.40	0.30

4.3 铁路监测指标

根据《邻近铁路营业线施工安全监测技术规程》(TB 10314—2021)的要求,普速铁路有砟轨道路基变形监测控制标准如表3所示。

表3 各监测项目预警值、报警值和控制值 单位:mm

监测项目	累计预警值	累计报警值	控制值
路基	竖向位移	± 6	± 8
	水平位移	± 4.2	± 5.6

4.4 计算结果分析

根据数值模拟分析,在住宅楼施工期间,既有铁路路基累计最大竖向位移为-0.9 mm,最大横向位移为-1.8 mm,最大纵向位移为0.5 mm,均小于铁路路基变形控制值,满足规范要求。其中,基坑桩基施工、基坑第三层土方开挖至坑底和地上住宅楼建设3个工况对铁路路基水平和竖向位移的影响最大,单工况最大水平位移为0.4 mm,最大竖向位移为0.4 mm;在住宅楼运营期间,活载对既有铁路的影响很小,几乎为零。基坑开挖至坑底数值模拟云图如图7所示,各工况下铁路路肩位移变形如图8所示,各工况

下铁路路肩应力变化如图9所示。



图7 数值模拟云图

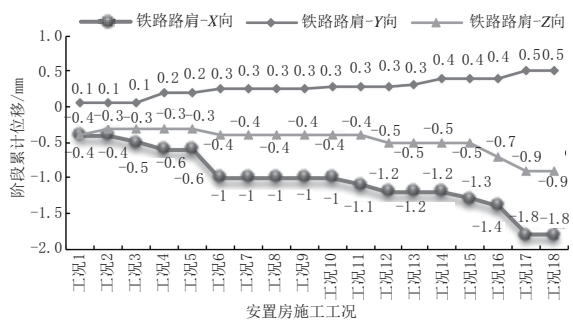


图8 X、Y、Z向阶段累计位移

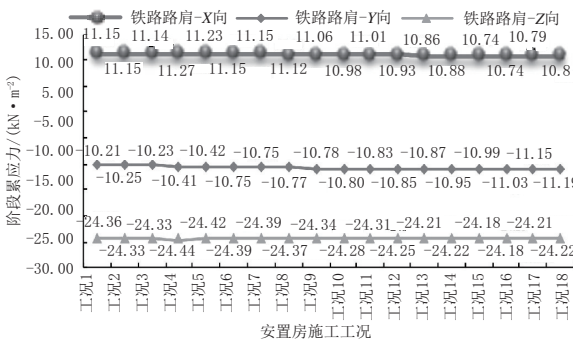


图9 X、Y、Z向阶段应力变化

4.5 施工监测对比

在项目施工期间,铁路路基累计沉降范围为-0.77~ -0.01 mm,累计横向位移范围为-1.65~ -0.11 mm,累计纵向位移范围为-0.42~ 0.02 mm。在施工完成1个月后,铁路路基累计沉降范围为-0.83~ 0.01 mm,累计横向位移范围为-1.72~ -0.08 mm,累计纵向位移范围为-0.44~ 0.02 mm,铁路路基位移变形未达到预警值,铁路运营安全、稳定,施工监测数据与数值模拟结果基本吻合。

4.6 影响参数分析

在上述模型的基础上,以工况18安置房运营为对象,进行单因素敏感度分析。通过改变土层单一属性参数,分析其正、负偏差30%对计算结果的影响(见图10至图12)。

数据分析结果表明,土层参数对铁路路基位移变形的敏感度为Z向>X向>Y向,压缩模量>内摩

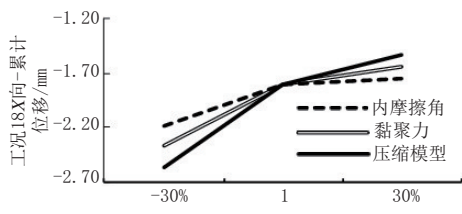


图10 X向位移土层参数敏感度分析

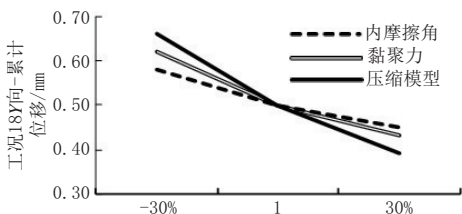


图11 Y向位移土层参数敏感度分析

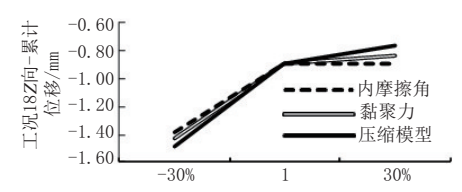


图12 Z向位移土层参数敏感度分析

擦角>黏聚力。土层参数变化对铁路路基位移变形的影响呈非线性关系,土层属性减弱30%,路基位移变形影响增大16%~66%;土层属性增强30%,路基位移变形影响减少1%~28%(见表4)。因此,在项目施工期间,应加强对地质的核对,发现地质条件差异过大时,应根据需要及时增加支护措施。

表4 土层参数影响分析 单位:%

土层参数	路基位移变形影响幅度					
	X向		Y向		Z向	
	-30	30	-30	30	-30	30
内摩擦角	21	2	16	11	54	1
黏聚力	32	10	24	16	59	7
压缩模量	42	18	32	28	66	18

5 涉铁安全建议

5.1 设计阶段

邻近铁路的基坑支护结构安全等级应按一级设计,并充分考虑列车荷载、水位变化、软土扰动、开挖深度、施工顺序等因素的影响,对基坑支护结构进行加强。根据地质条件,采取可靠的基坑止水措施,施工期间应避免降低基坑外地下水位,以降低其对既有铁路的影响。

对基坑影响范围内的铁路路基进行物探,查明是否存在溶洞等不良地质。结合物探结果,对影响范围内的既有铁路采取必要的加固措施。

加强建筑结构地基基础和抗震设计,避免地基

失稳或地震灾害造成房屋倒塌,进而危及铁路运营安全。

高层住宅建筑外饰材料避免采用轻质易脱落材料,永久外挂设备应避开铁路方向,防止大风吹落,影响铁路安全。

5.2 施工阶段

邻近铁路的大型机械作业应优先核查浅表地层的地质情况,加强大型机械作业面浅表地层软基处理。施工期间应对机械设备采取有效的抗倾覆措施,避免地基失稳、机械设备倾覆危及铁路运营安全。

加强大型机械设备进场验收、定期对机械设备进行检查验收和保养。邻近铁路施工,应控制机械设备与铁路的相对位置,避免机械设备故障影响铁路运营安全;应避免采用振动较大的工艺设备,减少振动施工对铁路设备设施的影响。

基坑、外脚手架等超过一定规模、危险性较大的分部分项工程,应编制专项施工方案,并组织专家论证和进行安全交底。邻近铁路施工,应合理优化基坑支护结构和基坑内建筑作业工序,尽可能缩短基坑暴露时间,降低邻近铁路施工的安全压力和风险。

基坑开挖前,应确保基坑支护结构质量验收合格。基坑开挖优先从远离铁路的一侧进行,以便核对地质,探明地下情况,并结合基坑监测情况及时加强支护措施。基坑开挖期间,严禁抽取大量地下水或采用井点降水降低周边地下水位。开挖至建基面高程后,应及时进行基底封闭处理,避免地基长期泡水软化。基坑邻近铁路区域,应避免作为施工通道和材料堆场使用,防止施工超载对基坑和既有铁路造成双重影响。

邻近铁路施工期间,应加强基坑维护结构安全和地下水位监测,同时,加强对既有铁路路基、轨道、浆砌片石挡墙等设备、设施的监测。对影响铁路安全的围墙,为防止施工扰动导致围墙倒塌,进而侵入铁路限界,应采取围墙临时拆除或加固防护措施。

高层住宅楼在施工期间,应加强承重支架、外脚手架的施工质量控制,加强原材料质量控制,不合格的原材料严禁进场使用,避免支架失稳垮塌危及既有铁路运营安全。合理确定塔吊的位置。塔吊的工作半径范围应避开铁路的范围,加强塔吊的抗倾覆措施,塔吊等大型机械设备进场安拆时,应编写专项

施工方案。

邻近铁路项目在实施过程中应加强关注天气情况,如遇极端天气,应立即停止施工,并按相关预案采取紧急处理措施。在6级以上大风天气下,应加强对临时设施的管理,避免高处作业、搭拆脚手架、起重吊装。

施工前,应组织应急物资调查、辨识危险源、评估风险、编制应急预案;施工期间,应准备充足的应急物资,预留应急通道,配备专人巡查,遇到险情后,应及时启动应急预案。

5.3 运营阶段

高层安置房在运营使用期间应加强对临时外挂设备、设施的管理,在极端天气来临前,应及时将轻飘设备收入室内,避免其坠落到铁路线路上危及既有铁路运营安全。

6 结 语

根据数值模拟分析,本项目高层住宅楼邻近铁路建设,各工况下的荷载作用对既有铁路路基位移变形的影响较小。项目实施期间,涉铁安全风险较多,应重点加强地质勘察、设计、施工、原材料质量控制,加强施工机具安全作业管理,加强对既有铁路设备、设施的监测,合理组织工序作业,加强安全保障,确保项目建设运营安全和铁路运营安全。

参考文献:

- [1] 陈亚琴.高层住宅建筑结构设计安全性分析与提升路径[J].价值工程,2024,43(23):143-146.
- [2] 王曦.高层住宅建筑防火设计要点分析研究[J].中华建设,2025(2):60-62.
- [3] 刘新元.高层住宅建筑设计中的绿色建筑设计探讨[J].房地产世界,2022(20):30-32.
- [4] 柏吉星.高层住宅建筑设计中的绿色建筑设计分析[J].住宅与房地产,2021(31):103-104.
- [5] 王雪强,李云生.地铁沿线的红色印记:南昌“江旅青山湖”商业旅游综合体项目设计研究[J].建筑与文化,2017(11):121-123.
- [6] 邓艳虹,李嘉华.论当代高层住宅建筑的“民族风”[J].四川建筑,2014,34(2):48-49.
- [7] 王子阳.高层住宅建筑设计中融入低碳设计理念的策略探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2024(10):77-79.
- [8] 张小平.低碳节能材料在高层住宅建筑中的应用研究[J].住宅与房地产,2024(17):92-94.
- [9] 叶观宝,田佳乐,史玉金,等.高层建筑上部结构施工对邻近软土隧道影响的数值分析[J].地基处理,2024,6(增刊1):67-74.
- [10] 栾桂汉,张若弛,李钊,等.高层建筑地下室施工对邻近建筑的影响监测[J].工程质量,2022,40(6):61-65.