

基于 MIDAS 的道路施工对 地铁车站及区间影响性分析

潘 树

(合肥轨道交通集团有限公司, 安徽 合肥 230001)

摘 要 本文以合肥市地铁 4 号线翠柏路站及区间为研究对象, 利用 MIDAS 软件模拟新建铜陵北路及管线施工过程, 深入分析了其对既有地铁结构和区间的影响, 重点关注了车站及区间埋深、开挖距离等关键参数, 通过数值模拟揭示了施工引起的沉降规律。研究成果表明, 新建铜陵北路施工对 4 号线翠柏路站结构及区间有显著影响, 但通过合理设计和施工控制, 可有效降低不良影响, 确保施工安全及地铁结构稳定。

关键词 道路施工; 车站结构; 数值模拟

中图分类号: U415

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.06.019

0 引言

轨道交通是城市交通系统的重要组成部分, 然而地铁线路的修建往往面临着复杂的地下环境和既有结构的挑战^[1-3]。本文将合肥市地铁 4 号线翠柏路站及其区间为研究对象, 探讨新建铜陵北路施工对既有地铁结构和区间的影响。铜陵北路作为合肥市重要的交通干道, 其新建工程对于优化城市区域交通组织、缓解拥堵状况具有重要意义。该工程在施工过程中将对周边地下结构产生相应的影响, 特别是与地铁线路的交叉施工需要高度重视。近年来, 关于地铁施工中新建道路对既有结构影响的研究逐渐增多, 但针对特定工程实例的深入分析仍显不足^[4-5]。因此, 本文选取合肥市地铁 4 号线翠柏路站及其区间作为研究对象, 借助 MIDAS 软件, 通过数值模拟的方法, 深入分析新建铜陵北路施工对既有地铁结构和区间的影响。

通过上述研究, 本文旨在为地铁施工中新建道路对既有结构影响的分析提供新的思路和方法, 以供近似工程建设参考借鉴, 同时也为铜陵北路新建工程的顺利进行提供科学依据。

1 工程概况

1.1 铜陵北路(泗水路~淮海大道)建设工程概况

铜陵北路(泗水路~淮海大道)为铜陵路北延工程, 其道路设计宽度 45 m, 道路等级为城市主干路, 机动车道按照双向六车道设置, 并设置有慢行系统。道路途经泗水路、翠柏路、青桐路、淮海大道, 长约 1.36 km。

拟建道路场地内主要为空地; 局部有堆土, 最大高度约 4.3 m。拟建道路下方敷设有众多市政管线, 如给水、燃气、电力、污水、雨水等。其中, 雨污水管埋设较深, 雨水管沿道路两侧敷设, 污水管沿道路西侧敷设。拟建铜陵北路机动车道路面结构面层采用 3 层沥青砼, 下设水泥稳定碎石基层和底基层, 路面结构层总厚度为 73 cm。正常路段机动车道路基处理深度 80 cm, 分层铺设 80 cm 6% 石灰土。非机动车道及人行道正常路段路基处理深度 40 cm, 分层铺设 6% 石灰土。

1.2 涉及的 4 号线翠柏路站车站及区间工程概况

本工程涉及的主要轨道交通结构为 4 号线翠柏路站车站、天水路站~翠柏路站区间及翠柏路站~淮海大道站区间。

4 号线翠柏路站位于翠柏路与铜陵北路交口, 沿铜陵北路南北向跨路口布置。本站为地下两层双跨岛式车站, 为地下双层结构, 车站结构总长度为 249.7 m, 其标准段宽度为 19.7 m。车站主体覆土厚度 2.3~3.8 m, 车站主体结构采用钢筋砼箱型框架的结构型式。车站附属结构共设置单层结构的 4 个出入口以及 2 组风亭。本站主体及附属均采用明挖法施工。

4 号线天水路站~翠柏路站区间北段沿铜陵北路东侧南北向敷设, 主要采用盾构法施工, 右线局部采用明挖法施工, 明挖区间设置于翠柏路站小里程端, 长度约 116 m。本段区间覆土厚度约 8.06~20.86 m。

4 号线工程翠柏路站~淮海大道站区间沿铜陵北路东侧南北向敷设, 主要采用盾构法施工, 右线局部采用明挖法施工。明挖区间设置于翠柏路站大里程端,

长度约 96 m。本段区间覆土厚度约 9.46 ~ 20.14 m。

根据现场调查,截至目前,翠柏路站车站主体结构已施工完成,正在进行附属施工;翠柏路站~淮海大道站区间已洞通,天水路站~翠柏路站区间尚在掘进,拟建铜陵北路(泗水路~淮海大道)下方区间结构已施工完成。

1.3 拟建道路与轨道交通的相对关系

翠柏路站位于翠柏路与拟建铜陵北路交口,沿铜陵北路南北向偏道路东侧跨路口布置,其中 A、B、C 号出入口及 2 组风亭沿铜陵路设置,该 3 个出入口退道路红线距离均大于 3 m。翠柏路站两端区间左线平面位于道路红线内,右线位于道路红线外侧。

拟建铜陵北路东侧雨水管为钢筋砼承插管,敷设于天水路站~翠柏路站区间、翠柏路站~淮海大道站区间侧上方,雨水管与天水路站~翠柏路站区间结构的竖向净距约 6.5 ~ 10.6 m,与天水路站~翠柏路站区间结构的竖向净距约 8.1 ~ 17.0 m。

拟建铜陵北路与翠柏路站交口,雨污水管局部需上跨车站 C、D 号出入口,管底与出入口顶板的最小竖向净距约 0.6 m。

拟建铜陵北路 K0+170 ~ K0+350 与 K0+850 ~ K1+220 处现状有较高堆土,最大堆土高度约 4.3 m。现状土堆处,区间结构顶部与道路设计标高的竖向距离约 9.5 ~ 18 m。

2 工程地质

合肥轨道交通 4 号线天水路站~翠柏路站区间、翠柏路站~淮海大道站区间详勘工作及资料显示,铜陵北路(泗水路~淮海大道)拟建场地属江淮波状平原,南淝河二级阶地。

根据勘察揭示的地层情况,场区内地层依次为:第四系人工填土层(主要为素填土、杂填土,厚度不均匀)、第四系全新统沉积黏土、第四系晚更新统冲洪积黏土、粉细砂层,白垩纪上统张桥组(K2z)砂质泥岩、泥岩和白垩纪下统新庄组(K1x)砂岩、泥质砂岩组成的基岩(埋深多超过 30 m)。土层力学参数见表 1。

3 有限元模型建立

3.1 模型建立

为分析本项目道路及管线施工对邻近轨道交通结构的影响,本文中三维有限元分析计算模型采用有限元软件 MIDAS GTS 建立。对项目场地内的土体、车站、区间结构等采用不同的单元模拟,并赋予不同的材料参数。车站主体及附属内部结构、区间隧道衬砌、市政管线等均采用对应规格厚度的板单元进行模拟(二维分析采用梁单元)。按线弹性考虑梁板等结构材料,其输入参数有弹性模量 E 和泊松比 ν 等。各结构构件的材料取值如表 2。

表 1 岩土物理力学参数表

土层	重度 γ (kN/m^3)	压缩模量 E_{s1-2} (MPa)	侧压力系数 K_0	力学指标		地基承载力 特征值 F_{ak} (kPa)
				抗剪强度指标 c (kPa)	Φ ($^\circ$)	
① 1 杂填土	18.0	--	0.62	5	8	--
① 2 粉质黏土填土	17.5	--	0.65	10	8	--
② 2 黏土	19.2	7.7	0.43	35	11	160
② 3 粉质黏土	19.6	7.2	0.45	26	13	140
⑥ 3 粉质黏土	21.0	13.0	0.40	33	17	230
⑨ 11 全风化砂质泥岩	20.5	12.1	0.38	35	18	250
⑨ 12 强风化砂质泥岩	22.0	20.0	0.32	45	20	350
⑨ 13 中风化砂质泥岩	22.1	35.0	0.24	--	--	500

表 2 结构构件材料参数取值

结构构件	材料	容重 γ (kN/ m^3)	弹性模量 E/MPa	泊松比 ν	
车站主体、附属	梁、板、墙	砼, C35	25	3.15×10^4	0.2
	柱	砼, C50	25	3.45×10^4	0.2
明挖区间	板、墙	砼, C35	25	3.15×10^4	0.2
盾构区间	管片	砼, C50	25	3.45×10^4	0.2
主要市政管线		C30	25	3.00×10^4	0.2

3.2 模型计算工况

根据施工步序, 模型按照如下工况计算分析:

1. 工况 1: 初始地应力平衡, 设置初始状态并清零位移值。
2. 工况 2: 施作轨道交通结构 (含车站主体、附属及区间隧道), 位移清零。
3. 工况 3: 一次开挖路基及管槽。
4. 工况 4: 敷设管线, 回填管槽、压实路基。

4 数值模拟分析

4.1 车站主体结构位移分析

提取各计算工况下车站主体结构位移最大变形云图后得到新建道路及管线施工对车站结构产生倾向侧移和沉降结果: 由数值模拟结果可知, 道路施工对车站主体结构的最大附加水平位移约 0.56 mm, 最大附加竖向位移为 2.7 mm (隆起), 均低于控制值 5 mm, 故道路施工对车站主体结构的位移影响在可控范围内。

4.2 出入口位移分析

由数值模拟结果可知, 道路施工对出入口结构的最大附加水平位移约 0.54 mm, 最大附加竖向位移为 2.25 mm (隆起), 均低于控制值 5 mm, 故道路开挖施工对出入口结构的影响处于可控范围。

4.3 区间隧道结构位移分析

由数值模拟结果可知, 道路施工对区间结构的最大附加水平位移约 0.97 mm, 最大附加竖向位移为 1.77 mm (隆起), 均低于控制值 5 mm, 故本处道路开挖对区间结构的影响在可控范围内。

5 结论及建议

5.1 结论

通过对铜陵北路 (泗水路~淮海大道) 工程特点、水文地质和周边环境条件的认真研究, 详细分析了道路及管线施工过程中开挖及回填对既有轨道交通结构

内力及变形的影响。评估结果表明, 本项目实施风险基本可控, 通过精细化施工能保证下部的车站及区间结构安全。具体结论如下:

1. 道路施工范围内现状有多处土坡, 由于该处局部卸载量较大, 道路及管线开挖对下方区间结构的影响更为明显, 通过减小施工进尺、分段施工等措施, 可将不利影响控制在规范允许的范围内。

2. 根据上述三维有限模型计算元析结果, 拟建铜陵北路道路及管线施工在上述不同工况下, 翠柏路站车站主体及附属结构、天水路站~翠柏路站区间结构、翠柏路站~淮海大道站区间结构的位移或变形值均处于可控范围。

5.2 建议

1. 建议铜陵北路 (泗水路~淮海大道) 土堆卸载及深大管线施工在轨道交通 4 号线正线铺轨前 (2021 年 3 月) 完成。若不能满足该建设时序的要求, 应严格采用分段施工的方法, 通过控制施工步距, 降低对邻近轨道交通结构的影响。

2. 铜陵北路与翠柏路交口雨污水管敷设时, 需局部破除出入口围护桩和冠梁, 建议该处雨污水管与 C、D 号出入口覆土回填时同步埋设, 避免后期管线开挖对车站及出入口结构产生不良影响; 若不同期埋设, 管线开槽及敷设时应采取可靠措施, 严禁对出入口顶板、侧墙等结构及防水层造成损坏。

3. 针对现状土堆处的道路及管线施工, 应采用分段施工的方法, 分段长度宜低于 10 m; 另外, 建议设立试验段, 进一步研究确定分段长度与施工步序。

4. 在区间上方土体开挖时, 应严格控制土体开挖深度, 严禁超挖, 分段进行, 以减小区间上浮风险。在轨道交通车站及附属结构上方开挖时, 应注意对车站顶板及防水层的保护。

参考文献:

- [1] 李晓茜, 赵军涛, 林洋, 等. 路基施工对既有地铁隧道结构的形变研究 [J]. 低温建筑技术, 2021, 43(11): 151-154.
- [2] 郭林峰. 道路工程穿越既有地铁结构的安全性影响评价与建议 [J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(04): 194, 196.
- [3] 曹海青, 刘贺, 顾炜澄. 临近箱涵施工对地铁车站影响的数值模拟分析 [J]. 山西建筑, 2020, 46(02): 124-126.
- [4] 潘学凯, 耿宁宁. 道路施工对下卧轨道交通结构的变形影响研究 [J]. 安徽建筑, 2021, 28(08): 242-243.
- [5] 安然, 龚迪快, 成怡冲, 等. 管沟与道路施工对下卧地铁隧道的影响分析与控制措施 [J]. 国防交通工程与技术, 2025, 23(01): 19-24, 8.