高架桩基施工对既有地铁隧道结构影响的研究

徐东风 王俊杰

南京地铁运营有限责任公司 江苏 南京 210012

【摘 要】：随着城市交通的快速发展，高架快速路以及城市轨道交通的发展已经是缓解城市交通压力的重要手段[1]，然而邻近既有运营地铁线路的快速路高架桥施工日益增多[2-3]，如何在施工中保障既有地铁线路运营安全更是重中之中[4]。本文以南京某侧穿地铁 10 号线某车站及区间隧道的快速路高架桥施工项目为案例，通过对监测数据、地质情况以及施工工艺等进行分析得出施工对隧道的影响因素和范围，为类似工程项目提供参考。

【关键词】：高架桥；地铁保护；监测；邻近

1 工程概况

本工程与地铁 10 号线平面交叉，主要包括桥梁工程（高架桥主线桥 1 座、上下匝道桥 2 座、互通匝道桥 5 座）和隧道工程（龙华路隧道），见图 1。

项目与地铁结构平面位置关系：项目桥梁工程与区间隧道和车站结构最近距离约为 5.0m，隧道工程敞口段位于地铁正上方。项目对应 10 号线左线里程为 K17+276~K18+437，长度 1161m，对应右线里程为 K17+276~K18+453m，长度 1177m，具体平面位置关系见图 1。项目与地铁结构竖向位置关系：项目桥梁工程桩长为 53m，项目桥梁工程对应段地铁 10 号线区间隧道顶埋深约为 14.3m~19.5m，详见图 2。项目隧道工程对应段地铁 10 号线区间隧道顶埋深约为 17.1m~18.9m，隧道工程路面结构底、支护桩底（搅拌桩、钻孔桩）与地铁隧道洞顶的竖向净距分别为 14.2m~18.3m、8.0m~15.3m。

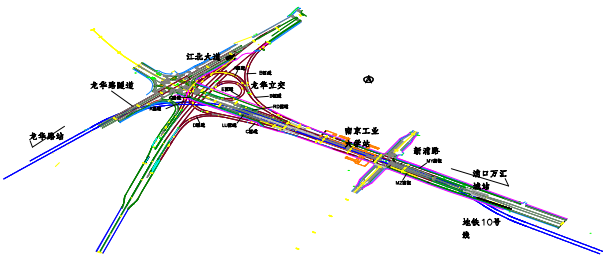

图 1 高架桥与地铁结构平面位置关系图

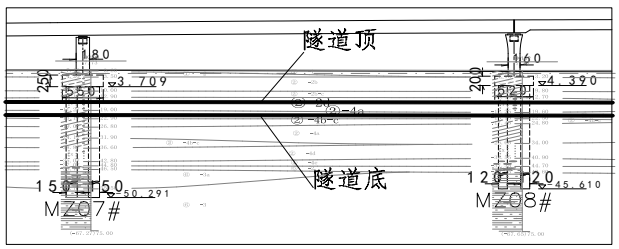

图 2 项目桥梁工程与地铁 10 号线区间隧道相对位置关系示意图

2 工程地质

万汇城-工业大学段着落层地质：新建高架 M00-M07 墩对应地铁左右线盾构隧道着落层均为软土，其中 MY00-MY04 墩、MZ00-MZ03 墩着落层地层更差，为流塑状的粉质粘土；工业大学段着落层地质：MY09-MY13/MZ10-MZ13 墩对应的地铁左右线盾构隧道着落层均为软土，隧道右线着落层软土深度大于左线，MY13-MY16/MZ13-MZ17 及辅道 RD00-RD04/LU00-LU04 对应的地铁左右线盾构隧道着落层均为软土，辅道段总体较主线段厚（MY13-14 段除外）详情见图 3。

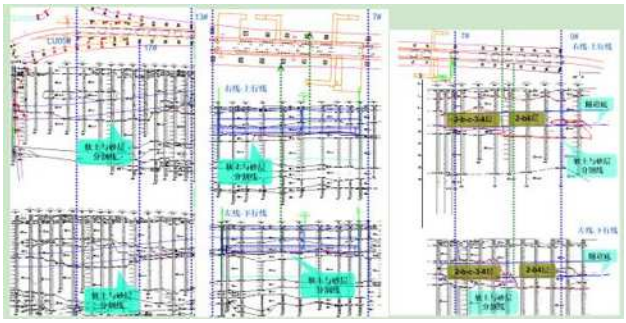

图 3 地铁隧道地质情况图

3 桥梁桩基施工

该项目涉地铁 48 个墩柱（主线左线 18 个墩柱、右线 17 个墩柱，辅线 RD/LU 各 5 个墩柱、匝道 A/C 各 2 个墩柱），根据设计图纸，主线桥部分桩基靠近地铁 10 号线，最近处距地铁盾构边缘仅 5m；为减少桩基施工对地铁的影响施工中应采取以下措施：

（1）距地铁 6.2m 范围内的桩基采用全套管跟进成孔，套管不得拔除。

（2）优先施工距地铁较近的全套管跟进成孔灌注桩，形成支档后再施工距地铁较远的桩基；超出 6.2m 范围内桩基施工时安排项目主要领导跟班作业，加大泥浆比重，合理选择钻速，避免塌孔；发现问题及时处理。

（3）临近地铁钻孔桩施工前应备齐钢筋笼、焊接机具、人员等，成孔后迅速完成钢筋笼安放，导管安装，混凝土应

在旁等候，快速完成水下混凝土灌注；减少成孔后等待时间，避免塌孔风险。

表 1 为主线各墩柱桩基地铁施工阶段地铁结构变形成果表。

表 1 主线各墩柱桩基阶段地铁结构变形成果表

墩柱编号	施工时间		与地铁距离最近净距（m）	桩基是否施工完毕	施工期间变化量	
	左线（MZ）	右线（MY）			左线（MZ）(mm)	右线（MY）(mm)
M00	未施工	2017.4.30-5.29	5.1m	否	-1.9	-4.4
M01	未施工	2017.5.4-5.29	5.05m	否	-3.6	-18.5
M02	未施工	2017.5.7-5.29	5.05m	否	-3.4	-22.8
M03	未施工	未施工	5.05m	/	-1.5	-5.5
M04	2017.4.16-5.29	未施工	5.55m/5.05m	否	-1.0	-1.7
M05	2017.4.22-5.29	未施工	5.13m/5.05m	否	-0.9	-1.3
M08	2017.5.4-5.29	未施工	5.05m/5.05m	否	-4.5	-4.6
M09	2017.4.30-5.29	2017.5.9-5.29	5.24m/5.05m	否	-8.5	-10
M10	2017.4.26-5.29	2017.5.4-5.29	5.20m/5.20m	否	-10.7	-11.8
M11	2017.3.6-5.29	2017.4.28-5.29	5.57m/5.2m	否	-10.3	-11.5
M12	2017.3.28-5.29	未施工	5.67m/5.20m	否	-7.9	-9.1
M13	2017.4.4-5.29	2017.4.17-5.29	6.07m/5.2m	否	-4.2	-5.1
M14	2017.4.10-5.29	未施工	6.07m/5.26m	否	-3.9	-1.4

4 监测数据分析

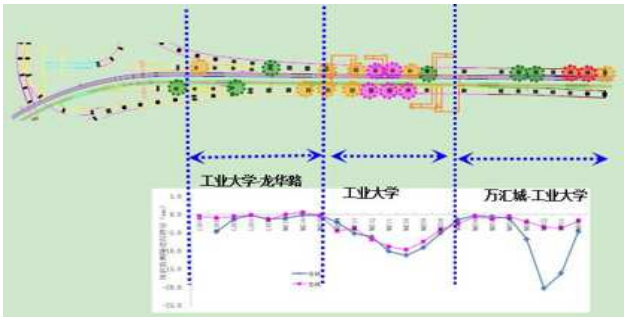

图 4 某路快速改造工程项目段沉降曲线图

图 4 为某快速化改造施工进度及地铁结构变形图，图中所有圆圈对应的位置为已经施工的墩柱桩基，红色圆圈为既有线隧道沉降已超过 10mm 对应桩基的位置，紫色圆圈为既有线隧道沉降已超过 6.6mm 对应桩基的位置，橙色圆圈为既有线隧道沉降已超过 3.3mm 对应桩基的位置，绿色圆圈为既有线隧道沉降未超过 3.3mm 对应桩基的位置。从图 4 可以看出地铁既有线出现报警情况的监测点位置外部都存在墩柱桩基施工，从而可以说明外部高架桩基施工与地铁隧道结构变形存在关联性，外部高架桩基施工对既有地铁隧道结构造成了一定的破坏。通过图 4 可以看出墩柱桩基暂未施工的区段对应的地铁结构尚未发生变形，地铁结构发生变形区段均有桩基施工，可认定地铁结构的变形受高架桥墩桩基施工造成；根据图 3 的地质情况图可以看出 MY00-MY04 墩、MZ00-MZ03 墩着落地层为流塑状的粉质粘土，地质情况较差；表 1 中可以看出桩基距离地铁隧道较近，最近只有 5.05m；结合图 4、图 3、表 1 可以看出隧道变形大的区域都位于距离地铁隧道近、隧道坐落地质差的区域，且隧道盾构区间变形大于地铁车站变形。已施工的 M01、M02 墩对地铁既有线的影响较大最大以达到 22.8mm。

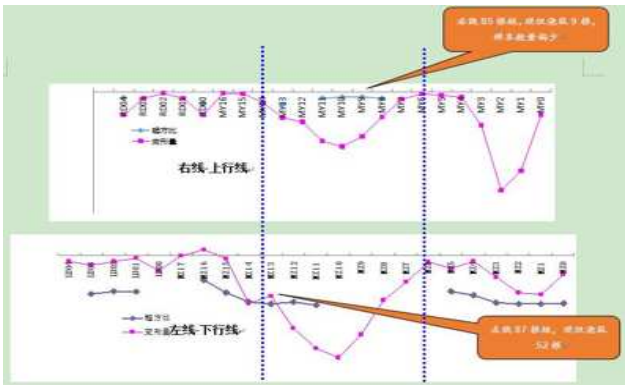

图 5 某路快速改造工程项目段沉降与超方比关系图

图 5 中蓝色的线为平均超方量，红色曲线为某路高架项目的地铁隧道的沉降量，由于施工数据不完整不能画出完成的线性曲线但从图 5 中也可以看出超方量和沉降曲线存在一定的关系，超方量越大沉降趋势越大。

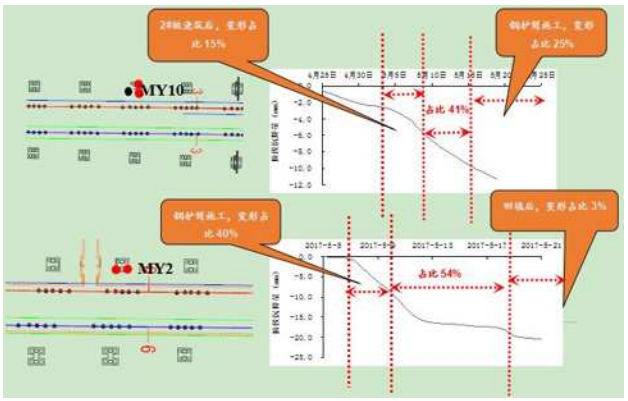

图 6 单个墩柱桩基施工地铁变形历时分析（以 MY10#、MY2#墩柱桩基为例）

图 6 中 MY10#墩柱和 MY02#墩柱各有 4 根桩，红色圆圈为已施工完的圆圈，黑色为正在施工的圆圈，右侧为两个墩柱桩基施工期间隧道变形主要分布的施工时间段。通过图 6 可以看出 MY10#和 MY2#墩柱桩基施工期间变形量主要分布在钢护筒施工和钢护筒施工完成后到回填后这个时间段，所以在桩基钢护筒施工完后要尽快浇筑和回填以减少既有线的隧道沉降变形。

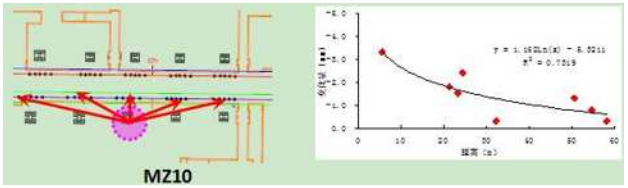

图 7 车站段桩基施工空间影响效应（以 MZ10#墩柱桩基为例）

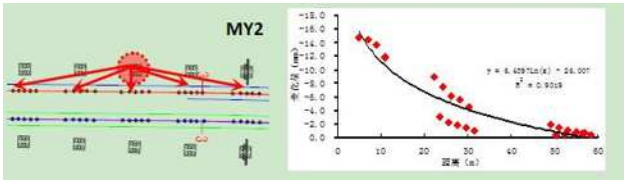

图 8 盾构段桩基施工空间影响效应（以 MY2#墩柱桩基为例）

图 7 为工业大学站附近墩柱 MZ10 施工期间既有工业大学车站隧道监测点的变形曲线，监测点的位置分别分布在距离施工桩基平面距离 5-60m 的位置；图 8 为工业大学~万汇城区间附近墩柱 MY2 施工期间既有线的区间隧道监测点的变形曲线图，监测点的位置分别分布在距离施工桩基平面距离 5-60m 的位置。通过图 7 及图 8，结合现有的监测成果统计分析，车站段距离施工桩基 10m 以内的监测点变形明显，存在超过报警的情况，而区间段 30m 以内的监测点都存在较大的变形，10m 以内的监测点变形已经超过限值（-10mm）。由此可以看出桩基施工对盾构段地铁结构的影响明显大于车站段，考虑到监测成果的精度，可以看出车站段桩基施工影响的半径在 10m 以内，盾构段桩基施工影响的半径在 30m 以内，现有监测成果表明，10m 以内影响可能比较明显。

5 结论

（1）结合现有的施工与地铁结构变形成果，地铁结构变形与外部施工及着落软土层有明显关联。

（2）现有施工工艺及地层背景下，施工对地铁结构变形的影响还是比较明显的，且全套筒施工完与砼浇筑间歇阶段，地铁结构变形占比约 50%。

（3）桩浇筑的超方比与地铁结构变形存在关联。

（4）盾构区段受影响程度明显大于车站区段。

（5）桩基施工对地铁盾构区段的影响半径在 30m 以内，对明挖框架矩形结构的地铁车站影响半径在 10m 以内。

参考文献：

[1] 张津.高架桥桩基施工对既有地铁隧道影响数值研究[J].建筑安全,2018(10):28-31.

[2] 荣露,刘金波.高架桥上跨施工对邻近运营地铁隧道变形的影响[J].科学研究,2020,9(42):1805–1807.

[3] 陈方敏.道路施工对邻近地铁隧道影响实测研究[J].矿山测量,2018,2(1):61–66.

[4] 崔维秀,万燕.浅析某高架桥工程涉成都地铁 5 号线盾构区间的地铁保护设计方案[J].绿色交通,2019,4(1):233–234.

[5] 周振宇.地铁暗挖隧道施工对高架桥桩保护的实例与分析[J].广东土木与建筑,2007,8(8):30–32.

[6] 银英姿,刘斌.深基坑开挖时邻近既有地铁隧道的监测分析[J].建筑技术,2016,9(47):785–787.

[7] 闫常山.某高架桥桩基施工对邻近既有地铁隧道的影响分析[D].沈阳:沈阳工业大学,2019.

[8] 李东.某高架桥匝道桩基施工对邻近既有地铁隧道的影响分析[D].沈阳:沈阳工业大学,2020.