

地铁暗挖通道施工对既有桥桩的变形特性 分析及施工处理措施

赵瑜¹, 吕海英¹, 熊健^{1,2}

(1. 中交铁道设计研究总院有限公司, 北京 100000;
2. 东北大学 资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110819)

摘要: 以沈阳地铁4号线观泉路站为背景,对暗挖隧道施工中的一级风险源——隧道侧穿高架桥的施工过程进行了仿真数值模拟。按照国家相关规范标准,桥桩间的差异沉降不得大于5 mm,这对暗挖侧穿段的施工提出了较高要求。数值模拟计算结果表明,暗挖隧道侧穿桥墩,桥面沉降呈现双沉降槽形式,沉降槽位于桥墩内侧1/6跨度处,沉降反弯点位于桥墩1/6跨度处。通过对侧穿段的土体进行注浆加固,可以有效控制暗挖隧道施工引起的桥桩沉降及不均匀沉降,从而保证既有高架桥的运营。

关键词: 暗挖隧道;侧穿高架桥桩;沉降控制;注浆加固

中图分类号: TU473

文献标识码: A

文章编号: 1672-1144(2017)02-0210-03

Analysis of Bridge Piles Deformation and Construction Measures of Subway Underground Excavation

ZHAO Yu¹, LV Haiying¹, XIONG Jian^{1,2}

(1. CCCC Railway Design Institute Co., Ltd., Beijing 100000, China;

2. School of Resources & Civil Engineering, Northeastern University, Shenyang, Liaoning 110819, China)

Abstract: By taking Guanquan Road station of Shenyang subway line 4 as an example, this paper carried out the simulation numerical simulation of the primary risk source of underground tunnel construction-tunnel across viaduct from the side. According to the relevant national standards, differential settlement between bridge pier should not be greater than 5 mm, which put forward higher requirements to underground side wear period of construction. Numerical simulation results show that, when tunnel across viaduct from the side, bridge deck subsidence takes the form of double settling tank. Settling tank is located in the medial 1/6 span bridge piers and settlement of inflection point is located at pier 1/6 span. Through the side wear period of soil grouting reinforcement, we can effectively control the underground tunnel construction of bridge pier settlement and uneven settlement and ensure the operation of the constructed viaduct.

Keywords: underground tunnel; acrossing viaduct from the side; settlement control; grouting reinforcement

随着城市地铁工程在国内的大规模修建,地铁线路对近邻桥梁基础的影响问题已越来越多,如何在施工过程中保障周围桥梁的安全,已成为亟待解决的现实难题^[1-3]。

地铁暗挖隧道穿越桥梁基础施工时,在不做任何加固处理的情况下,不可避免地扰动周围土体,引起周围地层损失及桥墩沉降,造成桥墩的不均匀沉降,影响桥梁的运营安全。

针对地铁车站暗挖的设计与施工,李强等^[4]运用有限差分方法,论证了施工过程中,暗挖隧道附近既有建(构)筑物桩基受力特性及位移变化规律,提出了合理的施工步序和有效的加固措施。李兆平等^[5]通过工程类比和有限元数值分析,选择对邻近桥桩保护最为有利的洞桩法(PBA)方案。根据邻近桥桩与地铁空间位置关系,将邻近桥桩划分不同的风险等级,采取相应的控制措施^[6]。

以上学者在暗挖隧道对既有桥基的影响规律方面得到了有益的结论,然而对于加固地层、指导施工方面尚不系统。鉴于此,对沈阳地铁 4 号线观泉路车站隧道施工进行了数值模拟分析,以解决设计和施工中存在的问题。观泉路车站基坑位于北大营街与观泉路交叉路口北侧,观泉路上方为二环高架桥。车站西侧为福居社区(主楼 6~7 层,裙房 1 层),东侧为望花新村(主楼 6~7 层,裙房 1 层),南侧为观泉路及高架桥。

车站主体结构为二层三跨岛式站台车站,有效站台宽 12 m。本站共设 2 个风道、4 个出入口及 1 个安全出口。剖面图见图 1,其中 C2 出入口下穿二环高架桥及侧穿桥桩,C2 出入口为暗挖通道,覆土 5 m,开挖断面高 5.2 m,宽 6.6 m,与桥桩水平距离 5.4 m。

二环高架桥上部结构分预应力混凝土连续箱梁,桥宽为 23.5 m,标准跨径为 30 m。桥墩横桥向呈 Y 型,上宽下窄,侧面以曲线过渡,立面呈花瓶形状。中间墩顺桥向为等厚度,厚度为 1.6 m;过渡墩顶端通过曲线由 1.6 m 变厚至 2.5 m。桥台均为钢筋混凝土一字式桥台,在桥台外侧设置翼墙。台后填砂性土。桥墩基础为钻孔灌注桩基础,桩径 1.5 m。桩基均设声测管。桥台承台厚度为 1.5 m,桥墩承台厚度为 2 m。承台底面均设置 10 cm 厚的 C15 素混凝土垫层,垫层平面尺寸自承台边缘起每侧各加大 10 cm。

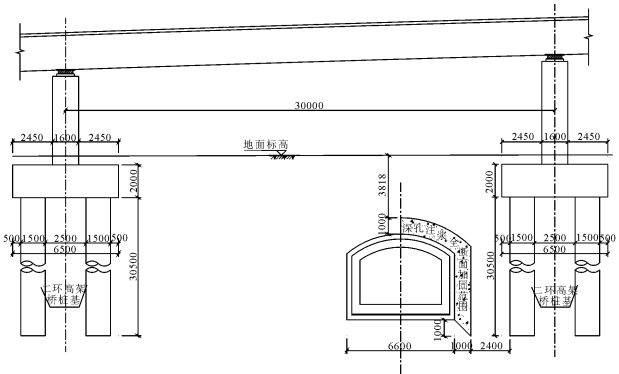


图 1 暗挖通道侧穿桥桩剖面图

1 计算情况

1.1 施工过程模拟

隧道施工先开挖中隔壁左侧,后开挖中隔壁右侧,左右侧开挖也分上下台阶,依次进行,边开挖边施作临时格栅及初期支护。待初期支护全部施工完毕后,拆除格栅,施作二衬^[7-8]。具体施工顺序如图

2 所示。

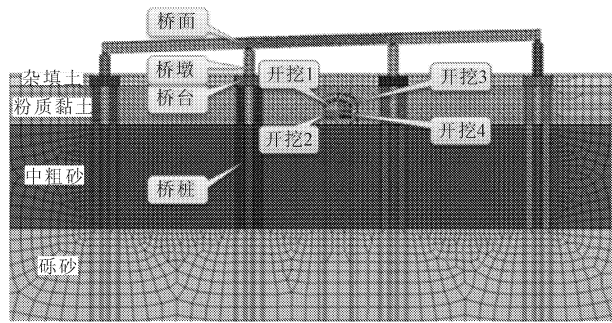


图 2 计算模型

1.2 计算参数

沈阳地铁 4 号线场地地层自上而下依次为人工填土、第四系全新统浑河新扇冲洪积层、第四系上更新统浑河老扇冲洪积层的中粗砂、砾砂层。支护结构的主要物理力学参数参阅相应的规范,并结合地勘资料进行取值^[9]。超前小导管与系统锚杆通过提高所处围岩物理力学指标来等效处理^[10]。材料物理力学参数如表 1 所示。

表 1 土层物理力学参数

介质	$\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	c/kPa	$\varphi/(^{\circ})$	E/MPa	μ
杂填土	16.66	25	10.0	6	0.42
中粗砂	19.11	0	30.0	10	0.35
砾砂	19.60	0	36.4	20	0.35
中粗砂	19.11	0	33.4	30	0.35
圆砾	20.58	0	37.8	50	0.25
加固体	23.00	—	—	100	0.25
初支混凝土	25.00	—	—	29500	0.20
二衬混凝土	25.00	—	—	31000	0.20

1.3 控制标准的确定

根据标准^[11]确定桥梁变形控制指标见表 2。

表 2 桥梁变形控制指标参考数值^[11]

桥梁类型	沉降累计值/mm	相邻墩台差异沉降/mm	倾斜
静定明桥面桥梁	40	20	0.001

2 桥面沉降数值模拟计算

2.1 计算模型

地层采用实体单元、Mohr - Coulomb 材料模拟;桥桩采用实体单元,用弹性材料模拟;采用 Mohr - Coulomb 屈服准则;模型上表面采用自由边,其他边界采用弹簧约束。

对整个模型设置如下边界条件:模型底面仅约

束 y 方向的竖向位移,左右两个侧面(长度方向)仅约束 x 方向的水平位移。

施工荷载均为静荷载,包括模型各部分材料的自重及由路面车辆产生的均布超载 20 kPa。

2.2 模拟计算

D2 出入口隧道埋深 5 m,与桥桩基水平净距约 5.4 m。D2 出入口与桥桩的位置关系见图 1。整个模型按照实际尺寸进行 1:1 的比例建模,如图 2 所示。模型高度为 52.5 m,模型长度为 256 m,桥桩跨度 30 m。

2.3 桥桩位移分析

模拟计算结果表明,在不采取加固措施情况下,桥面最大竖向位移为 9.64 mm,相邻墩台差异沉降 5.21 mm,超过控制标准要求的 5 mm。桥墩倾斜 0.0017,超过控制标准的 0.001。

从图 3 中可以看出,桥面沉降呈现双沉降槽。在未加固情况下,大沉降槽出现在距离隧道最近的桥墩处,最大沉降位于邻近隧道侧桥桩左侧 5 m 位置,双沉降槽分别位于两桥墩 1/6 跨度处。反弯点出现在桥墩外侧 5 m 位置,约为 1/6 跨度处。

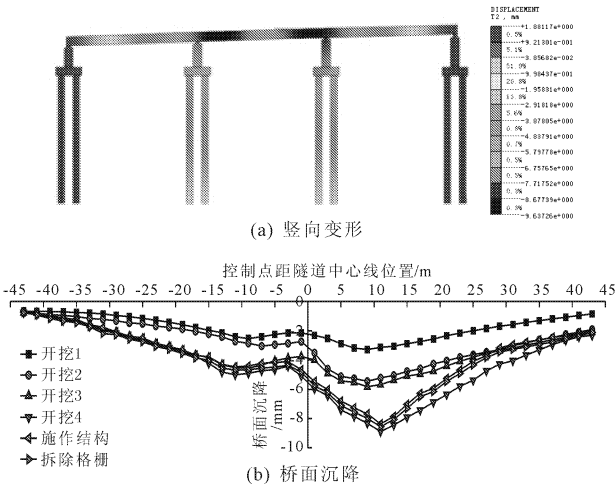


图 3 未加固情况下竖向变形云图及桥面沉降槽示意

隧道开挖工况 1 对地层扰动较大,桥墩最大沉降发生在工况 4,之后沉降趋于收敛,拆撑时沉降也有所增加隧道开挖工况 1 对地层扰动较大,桥墩最大沉降发生在工况 4,之后沉降趋于收敛,拆撑时沉降也有所增加。

由于不采取加固措施时,桥梁变形超出标准,为了保证高架桥结构的安全,在近桥桩侧上下导洞拱部、侧墙采用深孔注浆预加固,加固厚度 1 m。加固后沉降情况见图 4。

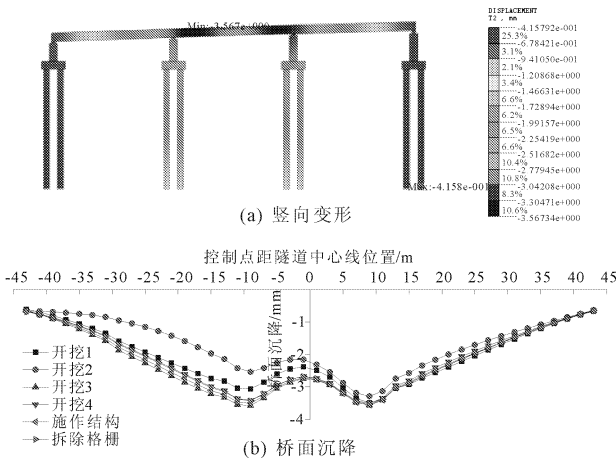


图 4 加固情况下高架桥竖向变形云图及桥面沉降槽示意

从图 4 中可以看出,加固后,邻近隧道的桥墩沉降减小,最大竖向位移为 3.567 mm,相邻墩台差异沉降 0.36 mm,桥墩倾斜 0.0006,各项主要控制指标均满足标准要求,经加固后桥桩的安全性可以得到保证。

桥面沉降仍呈现双沉降槽,分别位于两桥墩 1/6 跨度处。大沉降槽出现在离隧道稍远的桥墩处,承台顶沉降 3.04 mm,桥面最大沉降 3.56 mm。反弯点位置未发生变化,仍出现在桥墩外侧 5 m 位置,约为 1/6 跨度处,只是变形量减小了。说明采取的加固措施是有效的。

3 暗挖施工处理措施

暗挖隧道侧穿桥桩,对桥梁的影响一直持续到施工完成,甚至到运营期间也一直存在。桥梁变形过大可能导致桥梁开裂破坏或危及行车安全,甚至桥梁倒塌。

开挖施工前,对开挖影响范围内的桥梁、桩基基础的结构型式及空间位置关系进行普查,必要时,对桥梁进行安全评估,若桥梁基础承载力较差,可对周边土体进行加固处理,若桩基摩阻力较小,可采取桩基隔离措施。

施工过程中,对隧道通过或邻近地段,采取超前加固、分层分段开挖、加强初支及二衬强度、回填注浆等措施。

加强拱顶沉降、收敛、地表沉降、桥梁沉降和差异沉降等监控量测工作。若沉降或收敛出现异常,应立即停止开挖,同时根据监控量测结果,通过整理和分析以指导和修正施工参数,并采取相应措施。

4 结 论

(1) 桥面沉降呈现双沉降槽形式,最大沉降发生在离隧道较近的桥桩右侧 5 m 位置处,双沉降槽位置分别为 1/6 跨度处,沉降反弯点位于桥墩外侧 5 m 位置,约为 1/6 跨度处。

(2) 隧道开挖对桥面的影响主要集中在两沉降槽之间范围,当超过反弯点后,桥面沉降影响逐渐减小。

(3) 隧道开挖工况一对地层扰动较大,桥墩最大沉降发生在工况四,之后沉降趋于收敛,拆撑时沉降也有所增加,因此需要对危险工况加强监测,及时跟踪注浆。

(4) 暗挖施工目前技术成熟,暗挖侧穿桥桩风险可控,只要采取适当措施,即可保证施工安全。

参考文献:

- [1] 刘利民,舒翔,熊巨华.桩基工程的理论进展与工程实践[M].北京:中国建材工业出版社,2002.
- [2] 丁恒.地铁车站暗挖施工对近邻桥基的影响分析[J].隧道建设,2006,26(2):4-8.
- [3] 刘宝琛.急待深入研究的地铁建设中的岩土力学课题[J].铁道建筑技术,2000,20(3):1-3.
- [4] 李强,王明年,李德才,等.地铁车站暗挖隧道施工对既有桩基的影响[J].岩石力学与工程学报,2006,25(1):184-190.
- [5] 韩健勇,赵文,关永平,等.地铁车站洞桩法开挖变形规律分析[J].应用力学学报,2015,32(4):623-629.
- [6] 李兆平,朱元生.邻近桥桩暗挖地铁车站施工方案及桥桩保护措施研究[J].岩石力学与工程学报,2008,27(S1):3132-3139.
- [7] 关宝树.隧道工程施工要点集[M].北京:人民交通出版社,2003.
- [8] 李强,王明年.浅埋隧道近接施工地表沉降有限元分析[J].四川建筑,2004,24(5):98-101.
- [9] 中华人民共和国铁道部建筑管理司.铁路隧道喷锚构筑法技术规则:TBJ108-1992[S].北京:中国铁道出版社,1992.
- [10] 李围,何川.盾构隧道基础上修建三条平行隧道地铁车站的施工力学行为研究[J].现代隧道技术,2004,41(1):5-9.
- [11] 中华人民共和国铁道部建设管理司.铁路桥涵地基和基础设计规范:TB10002.5-2005[S].北京:中国铁道出版社,2005.