

武汉卓刀泉立交与地铁隧道施工的相互影响分析

郭晓刚, 欧阳院平

(长江勘测规划设计研究有限责任公司, 湖北 武汉 430010)

摘要:武汉地铁2号线广虎区间下穿正在施工的卓刀泉立交桥, 为了避免两工程在建设中的相互干扰, 对地铁隧道与立交施工的相互影响进行数值模拟分析。计算结果表明, 隧道开挖对立交桥桩的影响不大, 但需要采取针对性工程措施以保障两个工程的安全。提出在施工中加长靠近地铁一侧的桩身, 加强桩周土体回填注浆, 加强监测和进行桥墩结构复核等措施以提高桩周土体稳定性, 并把隧道开挖的影响降到最低。完工后的监测数据显示, 施工中采取的各项措施既有效保证了工程安全, 又将相互影响降到最低。

关键词:地铁施工; 矿山法隧道; 卓刀泉立交; 数值计算; 相互影响

中图法分类号: U231 文献标志码: A

1 工程背景

武汉市轨道交通2号线一期工程广埠屯站—虎泉站区间隧道(以下简称“广虎区间隧道”)线路出广埠屯站后, 以13.0 m线间距沿着珞瑜路前行, 在卓刀泉路口处以350 m的半径避开七二二研究所, 线路经由卓刀泉立交桥、省林业科学研究院、武汉市洪山燃料物质总公司和武汉湖滨仪器总厂后, 再以350 m的半径转至虎泉街, 到达虎泉站。在珞瑜路与卓刀泉南路交叉部位, 广虎区间隧道以350 m的半径转至卓刀泉路, 与正在实施的卓刀泉立交存在两个冲突点: B匝道0号桥台和C匝道3、4号桥墩。

卓刀泉立交与广虎区间隧道相互位置关系见图1、2。卓刀泉立交B匝道0号桥台1号桥墩距离左线隧道4.599 m; C匝道3、4号桥墩均采用桩基础, 其中C匝道3号桥墩桩基距离区间隧道3.641 m, C匝道4号桥墩桩基距离区间隧道最近, 仅为2.947 m。在立交范围内, 2号线地铁隧道的覆土最薄处约为9.47 m, 采用矿山法施工。桥墩施工与地铁矿山法隧道施工存在一定的安全影响。

武汉地铁2号线是武汉市重点工程, 而卓刀泉立交也是区域交通的重要节点, 是体现城市山水自然特

色的生态景观窗口, 如何为两工程和谐共建创造边界条件是卓刀泉立交和地铁2号线方案设计的主要控制因素。因此, 设计时对2号线地铁隧道与卓刀泉立交的施工影响处理方案进行了重点研究。本文采取数值分析方法进行了地铁隧道施工对立交影响专题研究, 并根据分析成果提出了合理可行的处理方案。

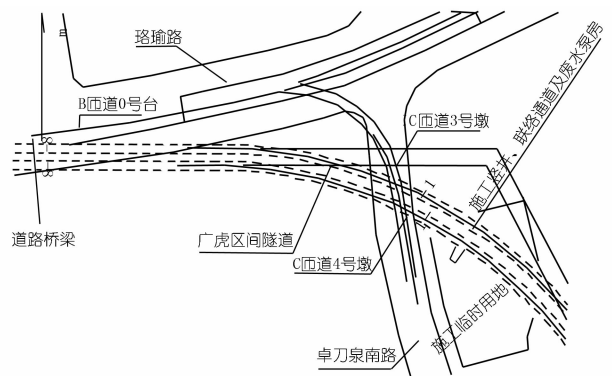


图1 卓刀泉立交与区间隧道平面关系示意

2 工程相互影响计算分析

2.1 岩土物理力学参数

根据地铁隧道详勘中间成果, 卓刀泉立交与广虎

区间隧道交叉部位地层岩性为:第 4 系近代人工填土层(Q^{m1})、第四系中更新统冲积层(Q_2^{al})、冲洪积层(Q_2^{al+p1})、第四系残坡积层(Q^{el+dl})及洞穴堆积物;下伏基岩主要为志留系中统坟头组(S_{2f})。

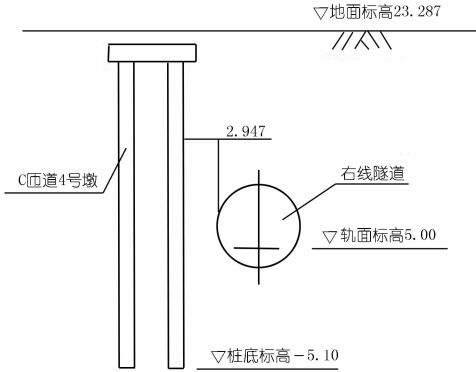


图 2 卓刀泉立交与区间隧道立面关系(单位:m)

根据详勘成果,该区间岩土体物理力学参数建议值见表 1,2。

表 1 土的物理力学参数建议值

地层代号	岩性	代号	状态	天然重度/ ($kN \cdot m^{-3}$)	压缩模量/ MPa	黏聚力/ kPa	内摩擦角/ ($^{\circ}$)
Q^{m1}	人工杂填土	(1-1)	松散	18.6	-	5	20
Q_2^{al}	粉质黏土	(10-1)	硬塑	19.9	14	42	16
Q_2^{al}	粉质黏土	(10-1)	硬塑	19.6	13	40	16
Q_2^{al+p1}	黏土夹砾石	(10-2)	硬塑	19.8	12	38	14
Q_2^{al}	黏土	(10-3)	硬塑	18.8	12	45	13
Q^{el+dl}	粉质黏土夹碎石	(10-4)	硬塑	19.4	13	42	15

表 2 岩石物理力学参数建议值

岩石名称	代号	含水率/ %	天然 重度/ ($kN \cdot m^{-3}$)	抗剪断强度		饱和单轴 抗压强度/ MPa	泊 松 比	变形 模量/ GPa
				黏聚力/ MPa	摩擦 系数			
强风化钙质泥岩	(16a)	5.82	23.8	0.1	0.40	2	0.26	0.05
中风化钙质泥岩	(16a)	5.82	23.8	0.3	0.50	6	0.32	0.15
微新灰岩	(16b)	0.18	26.6	1.1	0.75	55	0.26	10.0

注:地层时代及代号为 T_{1d} 。

2.2 有限元计算

为了分析卓刀泉立交与 2 号线区间隧道施工相互影响关系,采用有限元法对右线区间隧道侧穿 C 匝道 4 号墩施工的过程进行了模拟计算。此段区间隧道采用短台阶法施工,且施工过程中设临时仰拱及时封闭。

2.2.1 计算软件与模型

计算采用同济曙光正反分析软件 VER409 进行数值模拟,其中土层和岩层采用平面单元,衬砌和临时仰

拱及受影响桥墩与桩基采用梁单元模拟。破坏准则为莫尔-库仑准则。计算网格见图 3。

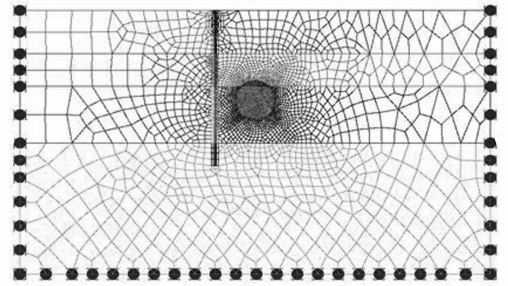


图 3 有限元网格剖分

2.2.2 计算结果分析

计算提取了施工完成后围岩的位移场矢量图、围岩塑性区发展及网格变形图,具体见图 4~7。

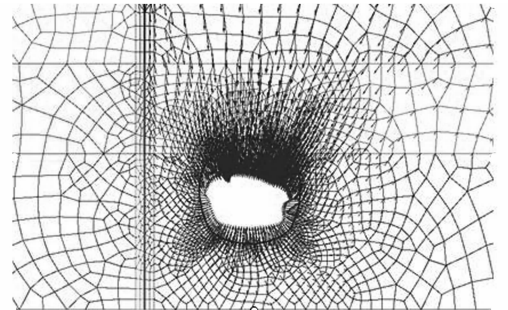


图 4 位移场矢量



图 5 位移场云图(X向)

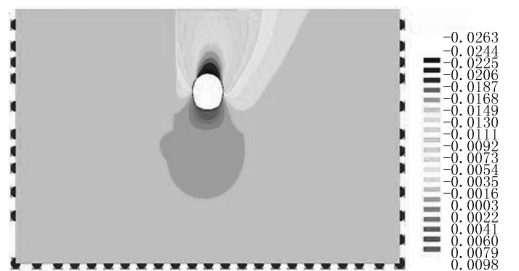


图 6 位移场云图(Y向)

由计算结果及以上图可知:
(1) 隧道开挖引起的位移场呈现出典型漏斗状,

由于桩的隔离作用,左侧斗壁较为陡直。隧道施工完成后,拱顶下沉 26.3 mm,仰拱上鼓 9.8 mm。左侧拱脚水平位移为 7 mm,明显小于右侧拱脚水平位移 10 mm。

(2) 隧道开挖引起的地表沉降最大约为 11 mm。

(3) 隧道开挖引起桥桩桩顶的水平位移为 2 mm,竖向位移较小。

(4) 隧道开挖过程中可能发生塑性破坏的地方为隧洞上方桩周一定范围内土体和桩底附近局部范围。隧道周边围岩塑性区范围较小,但是在左拱腰部部位塑性区发展与桩周塑性区范围连通。因此在此处应该采用竖向旋喷加固隔断或者洞内超前注浆加固改良强风化岩层。

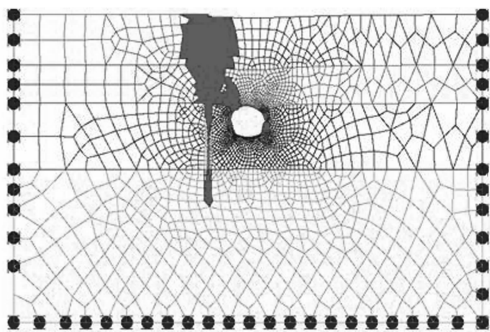


图 7 围岩塑性区发展及网格变形

2.3 弹性地基梁计算

考虑隧道开挖过程中的最不利工况,即隧道上下部位作为弹性支座,而隧道部位无支撑的情况,按弹性地基梁模拟计算隧道开挖引起的桥墩桩基变形及内力。

经计算,隧道开挖引起的最大桩身变形为 9.6 mm,最大弯矩为 2 633 kN·m,最大剪力为 1 489 kN,变形及内力不大。

3 卓刀泉立交桩基加固方案

根据工程影响数值分析结果,确定卓刀泉立交桩基加固方案如下:

(1) 卓刀泉立交与广虎区间隧道存在影响的两处桩基均为嵌岩桩,打入微风化层 2 m 左右。根据广虎区间隧道设计纵断面,这两跨桥梁的桩基底与隧道结构底之间的高差约为 5.25 ~ 6.28 m。而桩身与地铁隧道间的水平距离均不小于 3.0 m,若应力扩散角取 20°,则桩底与隧道底部的最大高差约为 8.3 m,考虑到泥岩中桩基施工难度相对较低,为了减小桩基应力扩散增加隧道衬砌结构荷载,在设计中将靠近地铁一侧的桩身加长,使桩基底低于地铁底标高,桩底高程取

为 -5.0 m 左右,以此保证桥梁桩基基本上对广虎区间隧道没有影响,弹性地基梁计算模型见图 8。

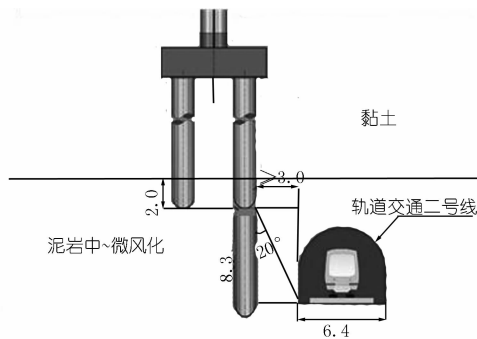


图 8 弹性地基梁计算模型(单位:m)

(2) 在加长桩基的基础上,加强桩周土体回填注浆,提高桩周土层的稳定性。

(3) 在广虎区间隧道与桥梁相邻段施工时,采取必要的技术措施,比如桩基周围土体注浆加固、洞内超前长导管加强注浆,坚持弱爆破、强支护、早封闭、勤量测、及时反馈信息,以及以量测信息指导施工作业,将隧道开挖施工对桥梁桩基的影响降至最低。

(4) 桥梁桩基预设监测设备,隧道施工过程中加强观测桩基的变化。

4 结论

(1) 计算分析结果显示,隧道开挖对桥桩影响不大。为将隧道掘进对卓刀泉立交桥的影响降低到最低程度,应采取相应工程措施进行处理。

(2) 在采取适当的工程措施前提下,可以基本消除两工程的相互影响,卓刀泉立交与地铁可以和谐共建。

(3) 卓刀泉立交于 2009 年 11 月 20 日建成并通车。广虎区间隧道于 2010 年 5 月先后成功下穿卓刀泉立交 B 匝道和 C 匝道。地表沉降变形监测数据显示,最大变形小于 10 mm,施工中采取的各项工程措施有效保证了工程安全。

(编辑:李慧)

(下转第 92 页)

