

盾构隧道下穿黄河施工对已建桥梁基础的影响模拟

贾少春^{1,2}

(1. 中铁第一勘察设计院集团有限公司, 710043, 西安; 2. 陕西省铁道及地下交通工程重点实验室, 710043, 西安 // 高级工程师)

摘要 为研究兰州轨道交通1号线迎门滩—马滩区间盾构隧道近距离穿越银滩黄河大桥对桥梁桩基的影响, 采用有限元计算方法对盾构下穿黄河施工进行动态模拟, 并从地表沉降、桥梁桩基位移、内力变化等方面对其影响进行分析。经模拟结果与现场实际情况对比, 两者吻合度较高。模拟方法可定量预测盾构掘进施工对已建桥梁基础的影响。

关键词 盾构隧道; 桥梁桩基; 沉降; 有限元计算

中图分类号 TU433

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2019.06.017

Impact Simulation of Shield Tunnel Construction Crossing under the Existing Bridge Foundation on the Yellow River
JIA Shaochun

Abstract In order to study the impact of Yingmentan-Matan Section on Lanzhou rail transit Line 1 on the Yellow River Bridge where the shield tunnel construction crosses under the bridge pile foundation, the finite element calculation method is used to simulate the shield tunnel construction underneath the Yellow River, and the impacts of construction are analyzed from aspects of ground settlement, bridge pile foundation displacement and internal force changes. The simulated results coincide with the practical conditions, showing that the simulation method could quantitatively predict the impact of shield tunnel construction on the pile foundation of existing bridges.

Key words shield tunnel; bridge pile foundation; settlement; finite element calculation

Author's address China Railway First Survey and Design Institute Group Ltd., 710043, Xi'an, China

由于地铁隧道常穿行于城市的繁华地带, 施工时会不可避免地在地表及隧道周边的建(构)筑物基础产生影响^[1]。尤其是在近距离下穿埋深较深的桥梁桩基时, 盾构开挖掘进会引起深层土体发生较大位移^[2], 影响桩基的承载能力。当位移值较大时, 可能导致桥桩发生附加变形和差异沉降, 进而导致桥梁上部结构开裂、倾斜, 严重影响桥梁安全和正常使用^[3-6]。因此, 如何评估盾构隧道施工对城市已有建

(构)筑物的影响, 尤其是盾构在掘进过程中对建(构)筑物基础的影响, 是指导盾构隧道施工的关键^[7]。

盾构隧道施工中。通常将盾构掘进引起的地表沉降值及建构筑物的变形值作为调整盾构掘进参数、保障工程顺利进行的重要依据^[8]。本文通过对兰州轨道交通1号线迎门滩—马滩区间下穿黄河段盾构隧道施工进行数值模拟, 分析了盾构隧道开挖对既有银滩黄河大桥基础和周边地表沉降的影响, 以期今后类似工程的安全施工提供参考和借鉴。

1 工程概况

1.1 工程简介

兰州轨道交通1号线迎门滩—马滩区间是国内首次下穿黄河的地铁隧道施工。区间左右线均采用泥水加压平衡式盾构施工, 区间隧道设计外径6.2 m, 内径5.5 m, 管片宽1.5 m, 下穿黄河段长度约404 m。该区间底板埋深13.4~32.4 m, 在下穿黄河段底板埋深较深; 平面布置采用双绕线布置, 左线距银滩大桥南侧边界线8.69 m, 右线距银滩大桥南侧边界线26.89 m。

银滩黄河大桥由左、右岸引桥工程和主桥工程三部分组成, 其中: 主桥长803.48 m, 桥面宽25.5 m; 主跨2孔、跨径133 m; 副跨19孔、跨径40 m; 采用单塔斜拉结构, 塔高79 m。盾构隧道与银滩大桥的位置关系示意图如图1所示。

该区间盾构施工需长距离穿越黄河上游高富水、大粒径、高硬度砂卵石等地层, 有大量的漂石存在, 施工受地层条件与水文条件影响较大, 可能会引起盾构掘进困难、泥水加压及出碴困难、隧道涌水和涌砂等施工风险。

1.2 工程地质条件

根据工程地质勘察资料, 该区间隧道所处地层覆土依次为: 人工填土, 厚度0.8~14.5 m; 黄土状土, 厚度0.6~5.0 m; 卵石土层, 厚度4.2~21.7 m。地质纵剖面图如图2所示。

段的位移)。

表2 主桥基础底面竖向的历史位移

模拟阶段	基础底面竖向位移	累计竖向位移
地层自重应力平衡	-0.243 72	-0.243 72
桥梁基础施工	-0.004 46	-0.248 18
桥梁主结构施工及运营	-0.012 19	-0.260 37

3.2 竖向位移变化

左线隧道贯通以后,盾构开挖引起的地层竖向位移云图如图4所示。盾构开挖过程扰动了土体,造成土体应力损失,隧道周围土体发生变形。变形反应到地表,引起了地表发生沉降。其最大沉降值位于隧道拱顶位置处。

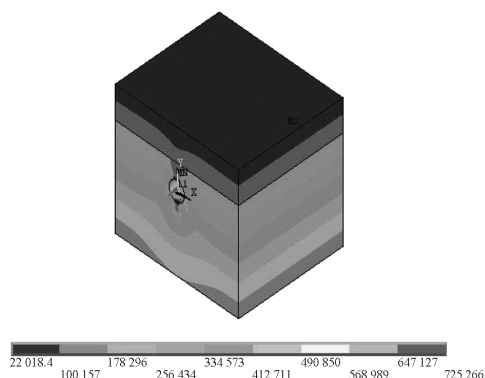


图4 左线隧道贯通后地层的竖向位移云图

选取代表性断面进行分析,其地表竖向位移曲线如图5所示。从图5可知,左线隧道贯通以后,地表最大竖向位移计算值为6.7 mm,实测值为5.9 mm,误差仅为13.5%。沉降槽实测曲线和数值模拟计算所得的沉降槽曲线宽度基本相同,形态相似。

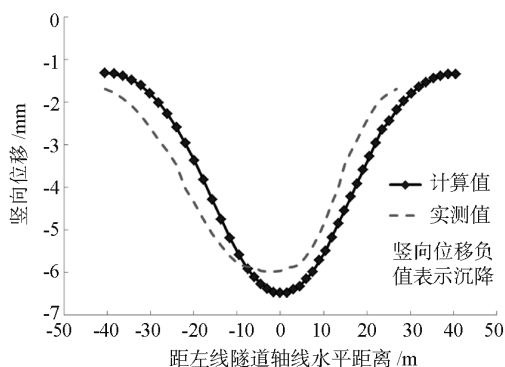


图5 代表性断面的地表竖向位移曲线

如图6所示,从竖向位移随开挖步骤的变化曲线可以看出,隧道在掘进的过程中,受盾构顶进推力的影响,从地层竖向位移的变化趋势看,实测值和计算值均表现为:先隆起后沉降,计算所得最大隆起量

为0.5 mm,实测最大隆起值为1.8 mm。位于隧道拱顶位置处的深层土体受盾构掘进扰动影响最大,计算所得最大沉降值为22.0 mm,实测所得最大沉降值为19.5 mm。数值模拟所得曲线和实测所得曲线形态吻合度较高,数值模拟结果具有较高的参考价值。

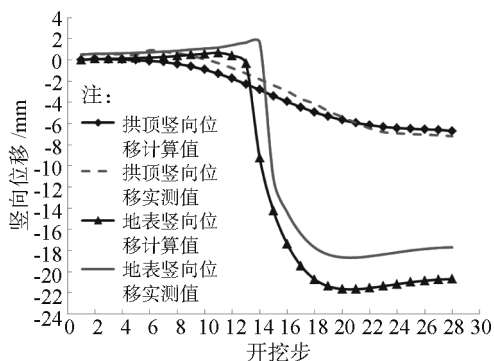


图6 竖向位移随开挖步的变化曲线

3.3 水平位移变化

如图7所示,数值模拟计算结果和实测结果均显示:盾构开挖扰动不仅造成隧道上方土体产生竖向位移,左右两侧土体在水平方向也发生横移,计算所得最大横移量为18.0 mm,实测左右两侧土体最大横移量为15.0 mm。从图7可知,计算和实测所得土体横移量曲线形态吻合度较好,数值模拟结果具有较高的参考价值。

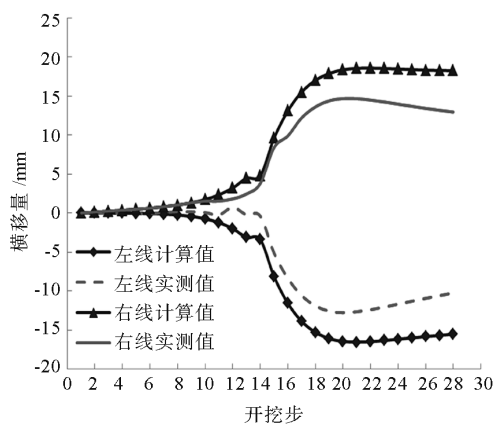


图7 土体横移量随开挖步的变化曲线

考虑到实际盾构隧道施工过程中存在土方超挖、同步注浆不及时、曲线施工纠偏等各种不可控因素,且盾构穿越地层主要为大粒径卵石地层,围岩的稳定性差,地层受扰动影响较大,易引起较大变形,使得实际地表沉降量可能会比计算值大。因此,盾构施工时需要根据情况及时调整掘进参数,必要时采取地层加固措施,以保证施工安全^[12]。

3.4 盾构开挖对桥梁基础的影响

如表3所示,在深层土体的水平位移和地应力损失导致的竖向位移两者的共同作用下,桥梁基础产生一定的倾斜。该区间隧道施工引起桥梁基础的竖向位移和水平位移值均较小,可以认为盾构开挖对桥梁基础位移的影响可以忽略,满足施工时的变形值控制标准。

表3 盾构开挖引起桥梁基础的位移值统计表 mm

位移类别	基础左侧		基础右侧	
	计算值	实测值	计算值	实测值
竖向位移	0.10	1.00	0.10	1.00
横向位移	0.02	0.60	0.02	0.50

3.5 内力分析

左线隧道贯通后的管片应力值如图8所示。盾构施工完成后桥梁基础应力值如图9所示。

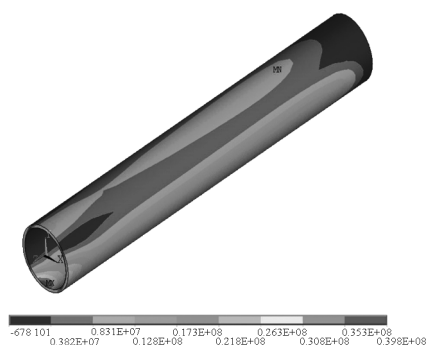


图8 左线贯通后的隧道管片应力云图

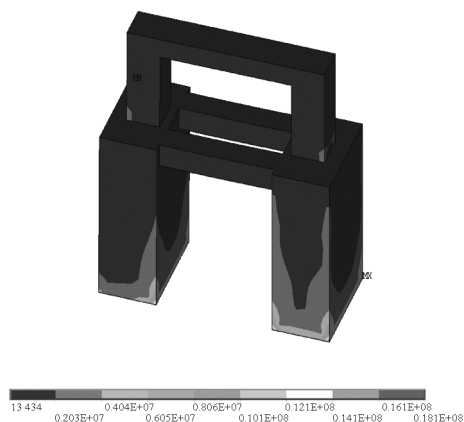


图9 盾构施工完成后桥梁基础的应力云图

从图8可以看出,左线隧道在贯通以后,管片的最大变形量为0.39 mm,最大拉应力值为39.8 MPa。从图9可以看出,桥梁基础在盾构施工前后的应力强度值几乎没有变化,均为18.1 MPa。由此可得出,盾构施工对桥梁基础的应力影响很小,并不影响桥梁的正常使用。

4 结语

在盾构隧道施工过程中,地表和邻近的桥梁基础在竖向和水平向均会产生位移,位移值随盾构掘进逐渐增大,最后趋于稳定。在土体和桥梁基础的共同作用下,桥梁基础产生倾斜,但变形值很小,可以忽略不计。盾构隧道施工扰动土体,使土体及桥梁基础产生相对变形,导致基础产生一定的附加力。但由于隧道距桥基础水平距离较大,在隧道施工的过程中对桥梁基础的应力影响很小。

参考文献

- [1] 谭富圣.地铁盾构隧道下穿既有桥群桩基础保护方案研究[J].铁道勘察,2015(2):36.
- [2] 张稳军,苏忍,张高乐.考虑固结影响的双洞盾构隧道非同步施工引起的土体变形研究[J].中国公路学报,2016,29(9):103.
- [3] 张志强,何川.地铁盾构隧道近接桩基的施工力学行为研究[J].铁道学报,2003,25(1):92.
- [4] 高尔新,陈志广,李鲁,等.盾构隧道施工引起的地层位移对既有桥梁桩基的影响分析[J].科技导报,2007,25(19):53.
- [5] 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.
- [6] 张海彦,何平,胡友刚,等.盾构隧道穿越既有混凝土桥梁结构的风险控制指标[J].中国铁道科学,2014,35(3):47.
- [7] 傅雅莉.盾构隧道下穿市政桥梁的施工影响数值分析[J].城市轨道交通,2014,16(7):76.
- [8] MANUEL M,LUIS M,JOSE M R. Prediction and analysis of subsidence induced by shield tunneling in the madrid metro extension [J]. Canadian Geotechnical Journal,2002,39(6):1273.
- [9] 胡雄玉.盾构隧道穿越河道施工对桥梁基础的影响分析[J].铁道建筑,2013(1):49.

(收稿日期:2018-12-17)

欢迎访问《城市轨道交通研究》网站

www. umt 1998. com