

Study on the Impact of Shield Tunnel Side-Piercing Construction on Existing Municipal Bridges

Zhe Zhang

Zhejiang Digital Intelligent Transportation Research Institute Technology Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310030, China

Abstract

To investigate the influence mechanism of shield tunnel side-passing construction on the safety of adjacent municipal road bridges, a three-dimensional numerical model consisting of soil, shield tunnel, and bridge was established using the MIDAS GTS NX platform. This model was based on the Baimahu Station–Jianghui Road Station section of Hangzhou Urban Rail Transit Line 18, and was used to systematically simulate the entire process of double-line shield tunneling. The settlement and horizontal displacement response characteristics of the bridge pile foundations were analyzed and validated against field monitoring data. The results show that the maximum total displacement of the pile foundations of Baimahu Bridge induced by the side-passing construction meets the safety operation control standards, and the overall structure remains in a safe state. The field monitoring data align well with the numerical simulation trends, showing good agreement between measured and calculated values. The findings can provide a theoretical basis and technical support for deformation control in similar shield tunneling projects that side-pass existing bridges in soft soil areas.

Keywords

shield tunnel; side-passing construction; bridge safety; numerical simulation; deformation control

盾构隧道侧穿施工对既有市政桥梁影响研究

张哲

浙江数智交院科技股份有限公司, 中国·浙江 杭州 310030

摘要

为探究地铁盾构隧道侧穿施工对邻近市政道路桥梁的安全影响机制, 依托杭州市城市轨道交通18号线白马湖站~江晖路区间工程, 基于MIDAS GTS NX平台构建“土体—盾构隧道—桥梁”三维数值模型, 系统模拟了双线盾构掘进施工全过程。通过对比分析桥梁桩基的沉降、水平位移等响应特征, 并结合现场监测数据进行验证。结果表明: 盾构侧穿施工引起白马湖桥桩基最大总位移均满足桥梁安全运营控制标准, 结构整体处于安全状态。现场监测数据与数值模拟趋势一致, 实测值与计算值基本保持一致。研究成果可为类似软土地区盾构侧穿既有桥梁工程的变形控制提供理论依据与技术支撑。

关键词

盾构隧道; 侧穿施工; 桥梁安全; 数值模拟; 变形控制

1 引言

随着城市轨道交通建设的快速发展, 盾构隧道在既有建(构)筑物附近穿越的工程案例日益增多。盾构施工引起的地层扰动往往导致邻近桥梁基础产生不均匀沉降, 进而影响桥梁结构安全及运营功能。杭州市城市轨道交通18号线白马湖站~江晖路区间盾构隧道需侧穿既有白马湖桥及白马湖东桥, 该工程具有施工环境复杂、桥梁保护要求高、穿越净距小等特点, 对施工控制提出了严峻挑战。

在城市地下空间开发进程中, 盾构隧道施工不可避免会邻近或穿越既有桥梁桩基, 由此引发的桥梁结构变形、内力重分布及安全风险问题, 已成为岩土与地下工程领域

的研究热点。针对这一问题, 国内外学者开展了大量研究工作。韩秋石^[1]以盾构隧道下穿既有桥梁为工程背景, 系统分析了盾构下穿施工对桥梁桩基础的沉降、水平位移及附加内力影响规律, 并提出了相应的变形控制技术措施。李彪^[2]聚焦于盾构施工引起的地层扰动效应, 通过数值模拟与理论分析揭示了地层位移场演化对邻近桥梁桩基承载特性及变形响应的影响机制。苏奕轩等^[3]引入系统动力学方法, 构建了盾构隧道穿越桥梁桩基群施工风险动态评估模型, 探讨了各风险因素之间的反馈关系与演化规律, 据此提出了针对性的施工风险控制对策。吴华州等^[4]结合具体工程案例, 分析了盾构隧道施工过程中关键掘进参数(如土压、注浆量等)对邻近桥梁结构响应的影响, 并给出了实用的工程控制建议。上述研究成果从不同维度深化了对盾构施工扰动下桥梁桩基力学行为与风险管控的认识, 为类似工程的方案设计与安全控制提供了理论依据。

【作者简介】张哲(1993-), 男, 中国安徽宣城人, 硕士, 工程师, 从事地下工程研究。

为此，本文以杭州地铁 18 号线白马湖站~江晖路站区间工程为背景，建立三维有限元模型，并结合现场施工监测数据，系统分析盾构侧穿施工对白马湖桥及白马湖东桥结构响应的影响，以期为类似工程的变形控制与安全评估提供技术支撑。

2 项目概况

杭州市城市轨道交通 18 号线白马湖站~江晖路站区间采用盾构法施工，隧道外径 6.2m，内径 5.5m，管片厚度 0.35m。盾构隧道需侧穿既有白马湖桥和白马湖东桥，与白马湖桥的净距最小为 1.6m，与白马湖东桥净距最小为 7.3m。

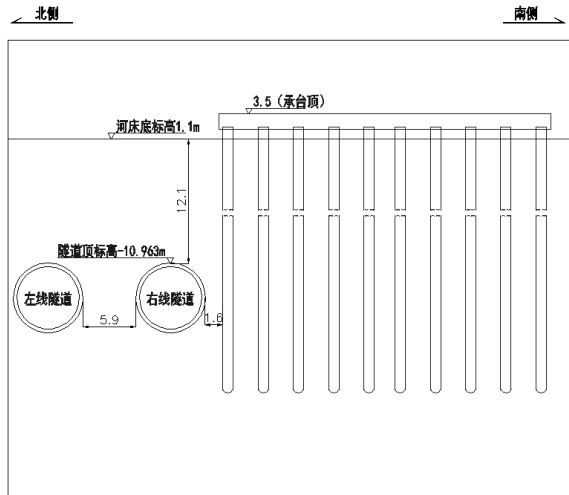


图 1 盾构隧道与桥梁相对位置剖面关系图

白马湖桥两端为直径 1.0m 的钻孔桩，中部为直径 1.2m 的钻孔桩，桩长约 45m~53m，桩基均插入卵石层；白马湖东桥为直径 1.5m 的钻孔桩，桩长约 42m，桩基均插入卵石层和强风化砾岩层中。根据桥梁检测报告，目前白马湖桥和白马湖东桥结构运营情况良好，桥结构整体完好，部分构件有损伤，但不影响桥梁安全。

3 数值模型及参数

为精准分析盾构隧道侧穿对白马湖桥和白马湖东桥的影响，采用岩土、隧道结构专用有限元分析软件，结合地勘报告确定土体的物理力学参数入表 1 所示，建立三维模型如图 2 所示。

表 1 土体物理力学参数表

岩土层名称	重度 (kN/m ³)	变形模量 E ₀ (MPa)	黏聚力 C (kPa)	内摩擦角 φ (°)	泊松比
粘质粉土	18.9	4.5	5	22	0.35
淤泥质粉质黏土	17.4	2.5	13.0	8.0	0.32
卵石层	22.5	35.1	5.0	40.0	0.25
强风化泥质粉砂岩	22.0	38.5	24.0	30.0	0.25

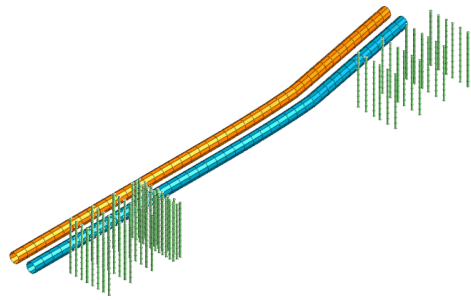


图 2 盾构隧道与桥梁位置关系三维模型图

4 结果分析

根据计算结果，地铁 18 号线盾构隧道施工完成后，白马湖桥桩基最大水平向位移约为 1.574mm，最大竖向沉降约为 1.036mm；白马湖东桥桩基最大水平向位移约为 1.035mm，最大竖向沉降约为 0.876mm。距离盾构隧道越近，桥梁桩基侧向位移及竖向位移越大。结合桥梁结构现状并参考相关规范，认为白马湖桥和白马湖东桥最大桩基位移应小于控制标准 5.0mm，相邻墩柱间沉降差明显小于 3.0mm，计算结果满足规范要求。

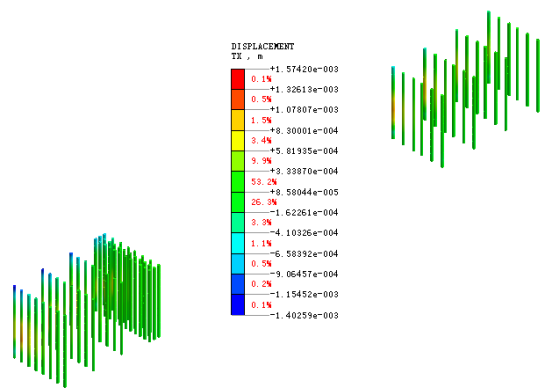


图 3 盾构施工对桥梁水平位移影响 (单位 m)

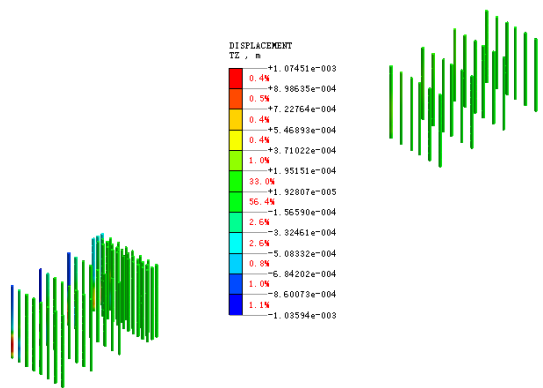


图 4 盾构施工对桥梁竖向位移影响 (单位 m)

5 现场监测数据验证

根据现场监测数据显示，地铁 18 号线盾构隧道施工完成后，白马湖桥桩基最大水平位移约 1.2mm，最大沉降位

移约 0.9mm；白马湖东桥桩基最大水平位移约 0.8mm，最大沉降位移约 0.6mm。

通过对比数值分析结果与现场监测数据，发现桥梁变形趋势基本保持一致，即距离盾构隧道越近，桥梁变形越大。同时监测数值与数值模拟的数值基本相同，也验证了数值分析的准确性。

6 结语

本文以杭州地铁 18 号线白马湖站~江晖路站区间工程为背景，建立三维有限元模型，并结合现场施工监测数据，系统分析盾构侧穿施工对白马湖桥及白马湖东桥结构响应的影响，以期类似工程的变形控制与安全评估提供技术支持。

(1) 地铁 18 号线盾构隧道施工完成后，白马湖桥和白马湖东桥桩基最大水平向位移和沉降位移均小于控制标准 5.0mm，相邻墩柱间沉降差明显小于 3.0mm，计算结果满足规范要求。

(2) 通过对比数值分析结果与现场监测数据，发现桥梁变形趋势基本保持一致，即距离盾构隧道越近，桥梁变形越大。同时监测数值与数值模拟的数值基本相同，也验证了

数值分析的准确性。

参考文献

- [1] 韩秋石.盾构隧道下穿施工对既有桥梁桩基础的影响及其控制技术[D].长安大学,2015.DOI:10.7666/d.D747736.
- [2] 李彪.盾构隧道施工对地层及邻近桥梁桩基的影响研究[D].中南大学,2013.DOI:10.7666/d.y2423661.
- [3] 苏奕轩,李钰锋,肖萱,等.基于系统动力学的盾构隧道穿越桥梁桩基群施工风险评估及控制对策[J].现代隧道技术, 2025, 62(S1):80-90.
- [4] 吴华州,郭易东,蔡志勇,等.盾构隧道施工对邻近桥梁的影响分析与控制[J].现代隧道技术,2022,59(z1):957-963. DOI:10.13807/j.cnki.mtt.2022.S1.117.
- [5] 陈令强,周登峰,赵顺磊,等.双线盾构隧道侧穿既有桥梁桩基沉降变形特征研究[J].建筑技术, 2025, 56(2):168-174.DOI:10.13731/j.jzjs.2025.02.0168.
- [6] 刘俊良.地铁盾构隧道侧穿高架桥对其桩基础的影响研究[D].长春工程学院,2023.
- [7] 郑熹光.盾构隧道施工对邻近桩基础位移和受力特性的影响研究[D].北京交通大学,2015.DOI:10.7666/d.Y2917516.