

盾构隧道与码头桩基近接施工相互影响分析

罗士瑾¹, 于旭东², 吕媛媛³

(1. 舟山市铁路建设中心, 浙江 舟山 316021; 2. 舟山市新城公路与运输 2 理中心, 浙江 舟山 316021;
3. 杭州交通投资建设管理集团有限公司, 浙江 杭州 310024)

摘要: 为研究盾构隧道与桩基相互近接施工影响, 保障邻近既有结构安全, 以甬舟铁路金塘海底隧道工程为背景, 借助有限元软件, 依次建立平面应变与地层-结构三维模型, 计算分析了盾构隧道开挖引起的码头桩基受力变形情况, 揭示了规划码头群桩施工后盾构隧道的位移与应力变化规律。结果表明: 盾构掘进使得码头桩基整体向隧道方向偏移, 偏移程度与两者净间距成正相关, 对桩基最大主应力影响较小; 群桩施工产生的挤土作用会导致邻近既有盾构隧道表现出远离桩基的趋势, 但隧道管片混凝土、螺栓与钢筋的应力峰值波动均不明显, 处于相对稳定状态。

关键词: 盾构隧道; 预制桩; 近接; 数值模拟; 受力变形

中图分类号: U45 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 12—0133—03

伴随我国城镇化进程不断加快, 地下空间大力建设成为城市可持续发展的必然趋势。然而, 由于地理位置与经济限制, 不少新建地下结构施工将无法避免地近接既有地下建构筑物。常见的如盾构隧道穿越桩基或桩基作业邻近已建隧道, 都会破坏周围地层土体, 导致既有结构产生不同程度的变形与附加应力, 存在不可忽视的安全隐患^[1-3]。

针对这一问题, 众多学者开展了相关研究。周鑫等^[4]针对杭州地铁 3 号线工大站一留和站盾构区间工程, 研究了盾构开挖过程对邻近桥梁桩基影响规律; 黄戡等^[5]基于流固耦合理论, 分析了盾构施工引起的桩身位移应力变化; 王超雄等^[6]运用小孔扩张-收缩理论, 研究了下穿隧道开挖对邻近桩基产生的作用; 舒畅等^[7]依托常州市朝阳大沟中桥上跨地铁一号线隧道项目, 结合现场监测总结了小净距桩基施工对既有地铁隧道的影响; 卞荣等^[8]通过数值方法, 划分了预制桩静压施工时隧道变形强、弱影响区。由此可见, 上述研究主要集中在盾构隧道或桩基单方面施工造成的影响, 涉及盾构隧道与桩基相互近接施工情形的研究较少。

鉴于此, 依托甬舟铁路金塘海底隧道工程, 选取其沿线码头桩基分布特征区段, 采用有限元软件依次建立平面应变与三维地层-结构精细化模型, 分析铁路与公路盾构隧道开挖对既有码头桩基的影响以及规划桩基施工对既有盾构隧道结构的影响, 得到隧道与桩基相互近接施工变形情况与应力特征, 为类似工程设计施工提供参考。

1 工程概况

甬舟铁路金塘海底隧道沿线情况复杂, 穿越冠保码头、木岙作业区、北仑侧相关企业厂房、青峙河桥涵、石油管道等既有或规划中建筑, 需考虑相互近接施工影响。

2 盾构隧道与码头桩基近接施工数值模拟

本文以隧道开挖邻近冠保码头既有桩基以及木岙码头预制桩施工邻近既有隧道为代表, 展开具体数值模拟分析。

2.1 隧道开挖对既有桩基影响模拟方案

冠保码头系船柱排桩桩长 61m, 警示灯承台桩桩长 67m, 桩基采用直径 1200mm, 壁厚 150mm 的管桩, 铁路隧道管片内径 12.8m, 厚 0.6m, 环宽 2m, 顶部覆土厚度为 42.65m, 铁路隧道与码头系船柱排桩基水平距离为 5.7m, 与警示灯承台桩基水平距离为 7.56m。公路隧道侧穿冠保码头既有桩基和铁路隧道, 与既有桩基和铁路隧道的最近水平距离分别为 13.2m 和 51.05m, 两条公路隧道覆土厚度均为 14.72m, 两隧道水平距离为 11.1m, 管片外径均为 15.2m。

隧道开挖将引起地层位移, 本文平面应变模型采用地层收敛形式有均匀收敛和不均匀收敛。分析时对注浆圈外壁土层施加径向强制位移, 模拟地应力释放时地层变形。

2.2 预制桩施工对隧道结构影响模拟方案

木岙码头桩基模型中, 第一排桩基与隧道净距为 50m, 沿隧道轴向桩间距为 5.9m, 垂直于隧道轴向桩间距为 10.5m, 共计五排桩。本文采用圆孔扩张法进行模拟桩施工挤土作用, 即对参考面施加径向位移, 使得参考面由管桩内径位置扩张至外径位置。考虑到边界效应, 对隧道产生影响的有效挤土量仅为靠近隧道的半根管桩挤土量在水平方向的投影, 经计算得到桩在水平方向上的挤土位移为 0.023m。

2.3 模型设置

模型土体采用摩尔-库伦本构, 管片采用塑性损伤本构, 螺栓与钢筋采用理想弹塑性本构。管片混凝土等级为 C60, 管片间连接螺栓为 M36、8.8 级高强斜螺栓, 管片配筋采用 HRB400 级钢筋。管片接触面法向采用硬接触, 切向采用摩擦接触, 摩擦系数取 0.3。

3 盾构隧道与码头桩基受力变形影响分析

3.1 隧道开挖对冠保码头既有桩基的影响

经有限元软件计算,得到不同收敛模式下冠保码头桩基位移情况,如图1所示。由图1(a)可知,隧道右边第1根桩最大位移为19.84mm,第2根桩最大位移为11.24mm,隧道左边桩最大位移为9.87mm。由图1(b)可知,隧道右边第1根桩最大位移为10.24mm,第2根桩最大位移为7.7mm,隧道左边桩最大位移为9.7mm。总体上,地层均匀收敛模式工况的位移计算结果偏保守。应力方面,以均匀收敛模式计算结果为例,邻近桩在隧道开挖前后均处于受拉状态,且桩应力值变化不明显,最大主应力为0.33MPa左右,隧道开挖对桩基应力影响较小。

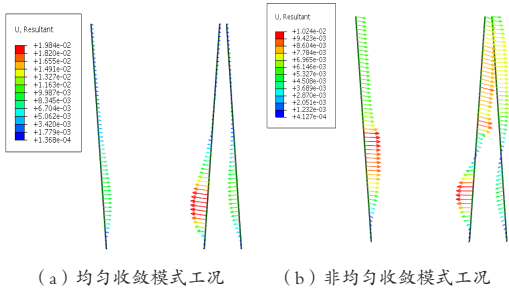


图1 隧道与冠保码头桩基位移云图(m)

为进一步探讨隧道开挖引起的桩基整体受力变形特征,建立图2所示“地层-隧道-承台桩”三维计算模型,得到铁路隧道先开挖后既有桩基位移、公路隧道后开挖后既有桩基与既有铁路隧道位移情况,如图3~图5所示。

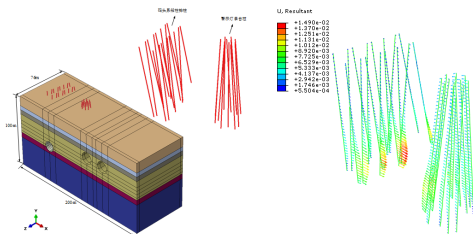


图2 “地层-隧道-承台桩”三维计算模型 图3 铁路隧道开挖后桩基位移云图(m)

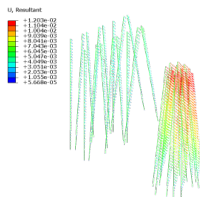


图4 公路隧道开挖后桩基位移云图(m)

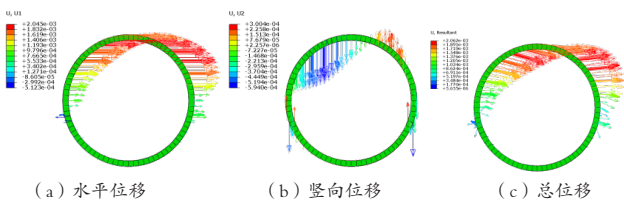


图5 公路隧道开挖后铁路隧道位移云图(m)

图3、图4揭示了在铁路隧道开挖后,警示灯承台桩整体向铁路隧道方向偏移,最大位移为12.13mm;公路隧道开挖后,警示灯承台桩整体反向偏移,最大位移

为12.03mm。而码头系船柱排桩在两隧道同侧,因此两隧道开挖后桩基位移均有一定程度的增加,但公路隧道距离较远,其开挖对码头系船柱排桩影响较小。图5表明了公路隧道开挖使铁路隧道整体向靠近公路隧道的方向偏移,铁路隧道拱腰最大水平位移为0.8mm,拱顶最大沉降量为0.31mm,拱底上浮0.01mm,均符合安全要求。

3.2 木杓码头预制桩施工对隧道结构的影响

不同位置桩基施作对隧道变形的影响见图6,图中P1至P5分析步依次施作第一排桩到第五排桩。由图6可知,铁路隧道开挖完成后呈横鸭蛋状,竖向压缩7.23cm、水平扩张6.99cm;群桩施作后,在挤土作用下隧道表现出远离桩基的运动趋势,水平方向被压缩。

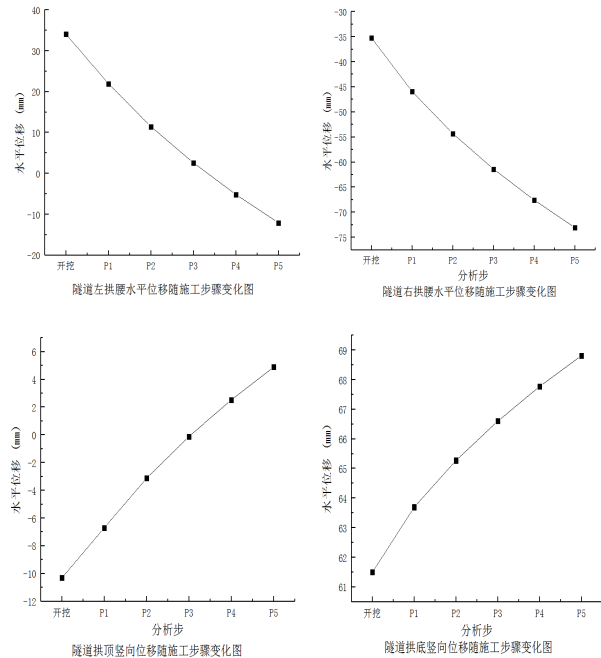


图6 铁路隧道不同部位位移变化曲线图

对于管片受力方面,经统计计算结果可知,隧道开挖完成后,混凝土拉、压应力峰值分别为2.8Mpa、-24.4Mpa,分布在隧道拱腰外侧和拱腰内侧;群桩基施作完成后,混凝土拉、压应力峰值分别变为2.47Mpa、-20.2Mpa。总体上,桩基施工对管片混凝土应力影响不大。同样,桩基施工对螺栓与钢筋的应力影响亦较小,螺栓最大主应力由48.2Mpa变为31.8Mpa,钢筋最大、最小主应力由29.7Mpa、-20.2Mpa变为27.9Mpa、-20.1Mpa,均处于安全状态。

4 结语

采用有限元数值方法,研究了铁路公路盾构隧道与桩基近接施工相互影响,得到以下主要结论:

盾构隧道开挖会使得码头桩基整体向隧道的方向偏移,偏移程度与两者距离间成正比,但对桩基最大主应力影响较小。

码头群桩的施作会产生挤土作用,导致邻近盾构隧

运营期盾构隧道临近建筑拆除影响性分析研究

吕媛媛¹, 于旭东², 罗士瑾³

(1. 杭州交通投资建设管理集团有限公司, 浙江 杭州 310024; 2. 舟山市新城公路与运输管理中心, 浙江 舟山 316021; 3. 舟山市铁路建设中心, 浙江 舟山 316021)

摘要: 本文依托于武汉轨道交通2号线一期工程, 采用三维数值模拟方法, 针对临近建筑不同拆除方案对盾构隧道的结构受力及变形规律的影响性开展相关研究。研究结果表明: 拟拆建筑的拆除顺序会对临近盾构隧道产生不同程度的影响, 由于上部建筑拆除产生的卸荷作用, 盾构隧道位移呈现水平方向向拆除建筑方向移动, 竖向整体隆起的规律。各方案下的盾构隧道竖向位移最大值均不超过2mm, 且建筑拆除后盾构管片X方向内力值增加率不到1%。

关键词: 盾构隧道; 建筑拆除; 数值模拟; 卸荷作用

中图分类号: U45 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 12—0135—03

伴随着城市建设的高速发展和区域交通网络的逐步完善, 地铁已成为城市现代化交通的主流符号。城市地铁的修建往往面临穿越城市密集建筑群的挑战, 如何评价临近建筑施工对城市地铁的影响程度, 保证临近建筑施工过程中盾构隧道的安全, 已然成为区域交通建设中不可避免的难题。

针对此类问题, 国内学者对近接盾构隧道工程进行了大量的研究。何川^[1]等针对盾构隧道结构的特点, 引入横向和纵向不等的刚度折减系数, 对地铁盾构隧道重叠下穿施工所引起的上方已建隧道变形及内力的影响进行了深入研究。崔光耀^[2]等研究了超大矩形顶管盾构隧道近接下穿高铁段的不同施工加固方案的效果, 提出了人工挖孔桩+D型钢便梁的加固方案。魏纲^[3]等结合理论分析和实测数据得到邻近并平行于盾构隧道的基坑侧壁的卸荷效应对旁边隧道的影响最大的结论。刘佳佳^[4]

等以地铁上方厂房拆除项目为依托, 分析了不同厂房拆除项目对周边土体、盾构隧道变形及内力的影响。

现阶段的研究多集中于基坑开挖或临近隧道施工对既有隧道的影响, 针对临近建筑拆除对盾构隧道的影响研究较少。本文结合武汉轨道交通2号线临近建筑拆除项目, 运用数值模拟方法研究建筑拆除对既有运营盾构隧道的影响, 保证盾构隧道的安全服役。

1 工程概况

1.1 轨道交通项目概况

武汉轨道交通2号线一期工程是武汉市第一条以地下线为主的轨道交通线路, 也是线网规划中客流量最大的轨道交通骨干线路。本项目研究区段采用盾构法施工, 管片结构外径6.0m, 衬砌厚度0.30m, 环宽1.5m, 管片结构采用C50高强度防水混凝土预制。

道表现出远离桩基的趋势, 同时隧道在水平方向上的变形逐渐由扩张转为压缩状态。

桩基施工对盾构隧道管片混凝土、螺栓与钢筋的应力影响不明显, 管片受力安全易保障。

参考文献:

- [1] 郑选荣, 祁嘉辉, 成炜康, 等. 南通富水砂层盾构隧道开挖对邻近桩基影响分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2022, 18(1): 146-151.
- [2] 白凌峰, 王琪, 付波. 市政高架桥上跨地铁隧道结构的桩基基础方案分析[J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24(8): 171-175.
- [3] 路德春, 丁超, 林庆涛, 等. 盾构隧道开挖对邻近桩基三维影响试验研究[J]. 防灾减灾工程学报, 2022, 42(4): 732-

741.

- [4] 周鑫, 杨建辉, 刘涛. 盾构法施工对近距离侧穿桥梁桩基的影响分析[J]. 地下空间与工程学报, 2022, 18(2): 586-595.

- [5] 黄戡, 孙逸玮, 杨伟军, 等. 基于渗流应力耦合的盾构隧道开挖对邻近桥梁桩基的影响[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2021, 52(3): 983-993.

- [6] 王超雄, 胡裕琛, 莫品强, 等. 下穿隧道对邻近桩基承载力与沉降的影响[J]. 建筑科学与工程学报, 2021, 38(3): 117-126.

- [7] 舒畅, 刘贺. 小净距桩基施工对既有地铁隧道的影响分析[J]. 土工基础, 2020, 34(6): 656-659.

- [8] 卞荣, 龙月, 贺雷, 等. 桩基施工对邻近顶管隧道的扰动影响[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(18): 7551-7557.