

盾构长距离下穿既有铁路沉降控制技术研究

秦晓波¹ 窦 冉² 蒲国超¹ 孟银锋¹ 陈 珂¹

1. 中铁十局集团第三建设有限公司 安徽 合肥 230093

2. 安徽上铁地方铁路开发有限公司 安徽 合肥 230093

摘要:当前,全国高铁、地铁建设处于日益完善的状态,若在繁华的城市及密集的高铁线网的环境中,地铁盾构法施工在穿越既有建筑物时会影响既有结构的安全稳定性,甚至会对建筑物的正常使用产生安全威胁,将会造成比较大的经济损失。降低盾构隧道开挖操作对原有线路安全稳定性造成的影响,已经成为采取盾构法施工建设时亟待解决的问题,为了保证盾构施工穿越期间既有行车的安全运行,需要相关单位严加控制铁路、地铁路基的沉降量。

关键词:盾构施工;克泥效;自动化监测;工后沉降;铁路下穿

1 前言

随着地铁建设的高速发展,地铁隧道穿行既有铁路建筑物的工程相对比较多,在施工期间,会对周边地层情况产生扰动影响,会导致铁路路基出现整体沉降情况、差异沉降情况,将会严重影响铁路的正常运营管理,因此铁路施工单位应该重点研究盾构施工发哦之的路基沉降情况、变形情况,及时采取地层加固措施控制路基沉降量。下常规的铁路保护方式为地面袖阀管注浆以及铁轨扣轨的方式,但对于盾构连续下穿多股道铁路施工时则无法使用。本文通过分析具体的工程案例,研究盾构施工导致地表出现沉降问题的主要影响因素。

2 工程概况

2.1 设计概况

合肥地铁2号线东延线工程新安江路站~肥东火车站区间线路出肥东火车站后沿规划太子山路由南向北敷设,进入新安江路站。

新安江路站~肥东火车站区间采用盾构法施工,起讫里程:YSK49+293.657~YSK50+420.831,全长1127.174m。

肥东火车站站址在安徽省肥东县,建于2007年,是合宁铁路(合肥到南京)一个车站。离合肥站19公里,离上海站438公里。由中国铁路上海局合肥站进行管辖,现为三等站,2号线东延线将连接肥东站,形成综合交通枢纽。

新安江路站~肥东火车站区间盾构正下穿肥东站2台8

通讯作者:姓名:孟银锋,出生年月:1990年7月10日,民族:汉,性别:男,籍贯:河南省驻马店市西平县专探乡,单位:中铁十局集团第三建设有限公司,职位:项目工程部部长,职称:工程师,学历:硕士研究生(在读研究生须注明博士研究生或硕士研究生)研究方向:地铁施工,邮编:230093。

线路基段,分别为沪蓉线2股道、到发线4股道,合杭2股道,8条股道均为有砟轨道,区间隧道覆土约19.5m。

2.2 工程地质

地形地貌

本工点位于二级阶地部位,地形平缓,自然坡度3~5°,地面高程一般为15~21m,局部为人工堆填,地面高程可达32m。地表水不发育,无河流分布。

2.3 变形控制指标

地表沉降量一般情况下,非道岔区沉降控制在8mm以内,沉降速率控制在2mm/d以内,轨面最大高低不平顺控制在2mm以内,最大水平不平顺控制在2mm以内。

地面房屋建筑基础沉降量不得大于8mm,最大差异沉降率不得大于2。

3 盾构影响地表沉降风险分析

通过这些现场监测数据可以确定,盾构施工导致的地表纵向沉降问题主要分为五种情况,分别是盾构隧道施工之前的地表沉降情况、隆起情况,盾构隧道施工时的地面沉降情况、隆起情况,盾构隧道通过既有建筑物时的沉降情况、隆起情况;盾构通过后的地面沉降或隆起;地表后期产生的固结沉降情况,如表3.1所示。

表3.1 盾构施工导致地表产生纵向沉降问题的情况

第1阶段	盾构施工前地表出现的沉降情况或者隆起情况
第2阶段	盾构施工时的地表的沉降情况或是隆起情况
第3阶段	盾构通过既有建筑物时的地面沉降情况或是隆起情况
第4阶段	盾构通过后的地面沉降或隆起
第5阶段	地表后期产生的固结沉降情况

4 盾构穿越风险源设计

(1)隧道线路设计:为减小对地表及铁轨的扰动,采用加大埋深穿越等措施,并经过同济大学咨询报告予以论证,股道群变形量可控制在10mm范围内^[1]。

(2) 铁路行车自身保护: 盾构穿越肥东站营业线影响范围施工期间, 铁路限速60km/h运行。

(3) 施工第1、2、4阶段沉降控制: 针对性制定盾构掘进施工参数(土压、出土量、同步注浆量), 并及时调整盾构姿态。

(4) 施工第3阶段沉降控制: 采用克泥效工法, 对盾构穿越时产生的空隙及时开展填充处理, 再其凝固后, 及时使用盾构机进行开挖处理, 保证此时土体能够顺利下陷^[2]。

(5) 施工第5阶段沉降控制: 在穿过铁路隧道管片区域上适量增设一些注浆孔, 范围为专项建筑物边界外30m(25环), 并对该范围内管片开展整环处理、纵缝嵌缝处理, 及时在缝隙位置开展二次补浆处理。

5 盾构长距离下穿铁路技术准备

本区段盾构施工时, 应该在保证施工连续性的基础上, 尽量提升盾构施工的安全稳定性, 按照施工要求确定好盾构施工模式, 迅速进行掘进处理, 确保注浆操作的规范性, 防止产生停机问题, 通过严格开展监测管理, 保证将监测信息及时反馈给上级管理部门。

5.1 设置试验段

为摸索盾构穿越肥东火车站范围段合理的施工参数和控制办法, 在盾构穿越铁路前在肥东区间(非涉铁区间)右线前100环(150m)进行了模拟试掘进和新肥区间穿越铁路前50米设置试验段。试验段的施工主要需要达到以下目的:

- (1) 验证施工参数
- (2) 总结地表沉降规律
- (3) 控制盾构轴线
- (4) 总结归纳注浆压力对于地面变形情况产生的直接影响, 在防止地面产生下沉问题的基础上, 避免地面施工位置出现隆起情况。
- (5) 调整盾构机的性能

5.2 自动化监测

盾构穿越股道周期较长(28天), 监测频率要求较高, 其次盾构下穿的肥东站共8股道, 每日车次较多。根据现场条件设置了3台自动化监测基站, 有效覆盖整个铁路监测区, 实现自动化数据采集、分析、平台上传等监测作业^[3]。

6 盾构长距离下穿铁路技术措施

为了确保在盾构穿越期间铁路的畅通, 重点考虑该隧道施工区域埋深、地质条件以及与铁路空间之间关系, 确定好该区段的施工方式, 严格按照掘进指令开展施工作业, 及时采取克泥效工法施工。

6.1 严格掘进指令施工

盾构穿越铁路过程中, 严格按照试验段总结的盾构参数进行推进, 通过选取最优的土仓压力、盾构推力、推进速度、同步注浆量、出土量等盾构参数, 减小盾构通过对地表的扰动(具体实际施工参数在本文不再详细介绍)。

6.1.1 刀盘到达之前采取的沉降控制方式

在刀盘到达之前出现沉降问题的原因在于土仓内部压力控制效果不佳, 造成地层中土体向土仓内移动, 而造成地表沉降。

按照挡土结构位移大小、方向、土体平衡情况, 可以将土压力划分为静止土压力、主动土压力以及被动土压力。根据计算, 土压力理论控制值为0.34~0.39MPa, 掘进过程中土压力保持在该范围内刀盘通过阶段沉降能够得到有效控制^[4]。

6.1.2 盾体通过阶段沉降控制措施

在规划设计盾构机的时候, 需要确保盾体处于正常运行状态, 盾体一般为锥形设计, 即刀盘到盾尾直径是逐渐减小的, 因此在刀盘切削后, 盾体通过时, 盾体周围会有一段空腔,

本工程选用中铁装备盾构机, 刀盘设计直径为6440mm, 前盾直径为6430mm, 刀盘较盾体直径约大10mm左右, 为了降低该环节存在的沉降问题, 尽量尽可能减少盾体穿行时间, 确保盾构可以持续开展掘进操作, 避免盾构机出现不必要的停机问题。而当盾构机应特殊原因在过铁路期间停机时, 可通过盾构机盾体上的添加剂注入口向盾体周边注入适量的克泥效浆液, 以填充盾体周边的孔隙。克泥效工法施工工艺详见“6.2章节”。

6.2 克泥效工法

6.2.1 克泥效工法介绍

克泥效工法主要是形容按照混合比例要求将一些浓度比较高的泥水材料以及水玻璃混合在一起, 能够行程粘度比较大、不会出现硬化问题的可塑性黏土, 这种材料的承载能力比较强, 不会由于原材料处于凝固状态在盾体处产生卡住问题, 还可以顺利填充掘进处理产生的缝隙, 能够起到提高土体结构安全稳定性的作用。

克泥效是由合成钙基黏土矿物、纤维素衍生剂、胶体稳定剂和分散剂构成。

体积配比: 克泥效A液: 水玻璃B液 = 20: 1

6.2.2 克泥效工法特点

1) 双液混合的凝结反应时间一般处在4-20秒之间, 在完成混合处理以后, 液体的强度不会出现变动。

2) 混合前单液流动性良好, 远距离泵送也不会堵

管,不需要每环清理管路,施工便捷。

3)在完成液体混合后,粘稠度能够达到300~500dPa·s。

4)双液混合之后的抗水性能、挡水性能比较好,适合运用在富水地层中。

5)承载能力和抗沉陷能力比较强,体积不会出现被压缩的问题。

6.2.3 克泥效设备装配

克泥效搅拌注入一体设备:

电机功率:A泵电机5.5kw, B泵电机1.5kw搅拌机电机4.0kw×2(总电源380v三项五线包含零线电缆)

6.2.4 克泥效注入事项

1)注入孔位

一般情况下,工作人员需要将注入孔的点位设计在前盾径向孔位置,受到盾体自身重量产生的影响,在盾构机不断向前推进的过程中,盾体下部位置会处于紧贴土体的状态,因此在开挖处理时产生的间隙主要集中分

布在上部点位中,促使在选择注入点位的时候,可以从前盾径向孔中选择。

2)注入量

根据盾构开挖面与盾尾的间隙决定理论注入量,根据风险源地层孔隙率决定注入比,根据地下含水情况决定克泥效浆液浓度。按照以上条件计算得出实际用量注入。

3)注入速度

根据盾构掘进的速度、掘进时间,适当的调整克泥效注入速度、注入时间,保证掘进、注入同步,不注入、不掘进。

6.2.5 克泥效工法效果

区间从40环进入涉铁段开始,进行克泥效工法的同步注入,施工过程中,根据地表实时沉降数据反馈,调整注入压力及注入量,盾构掘进期间地表最大累计沉降量-2.09mm(未考虑工后沉降),满足相关沉降规范要求,效果显著。

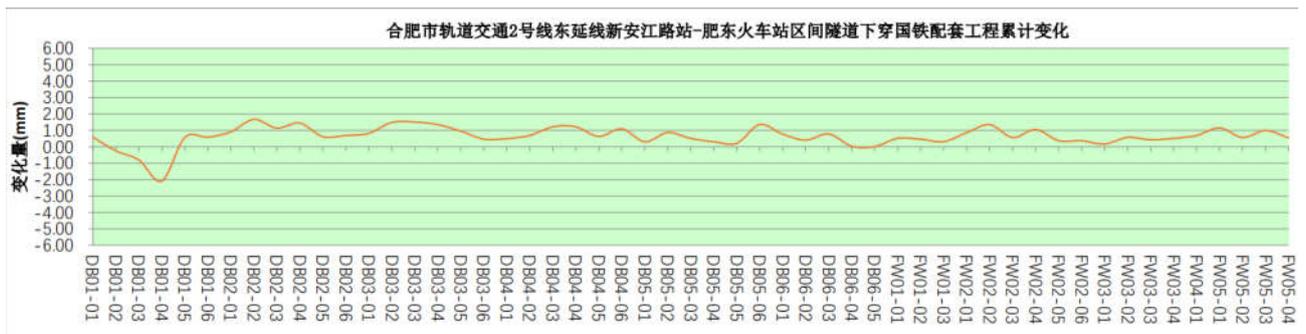


图6.1 区间涉铁段累计最大沉降量统计折线图

6.3 区间深孔注浆措施

在基于监测获得数据研究盾构施工时,可以大致确定各个环节的沉降量,拟在下穿掘进时同步使用特殊浆液注入。在使用盾构机进行掘进处理的时候,沿着线路纵向在铁路线路外30m范围内,通过前盾位置预留的注浆孔注入0.5立方米的特殊浆液,泳衣填充盾体和土体缝隙,控制地层损失率。特殊浆液采用A、B液。A液属于膨润土液,配比方式时膨润土和水的应用比例为44:825, B液实际上是指水与水玻璃的混合液,保证A液与B液的搭配比例为12.5:1,然后在盾构施工结构外部3米范围内开展注浆加固处理,在使用双液分层注浆加固方式的时候应该遵循少量多次原则、多点均匀原则。

6.3.1 深孔注浆施工步骤

1)深孔注浆平台

由于区间施工进度与深孔注浆进度不匹配,现场选择在隧道左侧搭设物资设备存放平台,在隧道上方(3点位以上)搭设注浆平台。

2)壁后深孔注浆作业步骤

(1)首先进行水泥浆、水玻璃混合液,特殊膨润土液的拌制;

(2)在管片位置预留注浆孔上直接安装逆浆阀,用錾子打通注浆孔,若有喷气现象须先放气,然后关闭逆浆阀门;

(3)将阀门和注浆管连接在一起,随后打开逆浆阀门,借助注浆泵将两种浆液直接压注到孔中,经注浆孔处的混合器混合注入管片壁后;

(4)在完成浆液灌注之后,关上逆浆阀门,然后对管理实施放气卸压处理,然后再将连接的注浆管拆卸下来,并使用清水清理管路位置。

①浆液配比选择

选择符合实际地层的浆液配比,并根据地层的改变进行及时调整,以满足地质条件需要,达到满意注浆效果。

②注浆主要技术参数

(1)注浆压力

双液浆注浆时,根据土压力与静水压力合算结果,确定注浆压力。

(2) 注浆量

注浆量需要根据盾构穿越不同土层、曲线类型以及地面变形情况进行适时调整、优化。

6.3.2 深孔注浆效果

涉铁段施工完成后,及时组织进行深孔注浆,目前涉铁段穿越完成,根据地表沉降数据反馈,有效抑制工后沉降,目前上方最大累计沉降量点位DB01-04,累计最大沉降量-2.09mm,满足各项规范要求,且对于该段管片渗漏水情况进行了有效控制,效果显著。

7 结论

本工程D4-1~D5盾构区间下穿肥东站线,股道数量较多,施工难度及风险大,通过对各种重难点工作深入剖

析,针对每一个影响铁路沉降的因素进行分析并针对性的采取措施,才能够安全、高效的施工。

参考文献

[1]任锐.盾构法隧道施工下穿既有铁路沉降控制技术及监理措施[J].广东土木与建筑,2022,29(09):110-113.

[2]宋绪旺,王五洋,肖超,罗桂军,周雄威.土压平衡盾构近距离下穿既有运营铁路隧道沉降控制关键技术[J].建筑技术开发,2022,49(01):141-143.

[3]王建国.盾构下穿既有铁路沉降控制技术研究[J].绿色环保建材,2020,(11):83-85.

[4]王先明,鲁茜茜,蹇蕴奇,阮雷,王士民.盾构隧道下穿既有铁路路基及框架箱涵地表沉降分析[J].路基工程,2020,(02):119-124.