

盾构到达端淤泥质软弱地层加固对周边既有桥桩保护处理措施

梁永钊

广州地铁工程咨询有限公司 广东广州 510000

DOI: 10.12238/ems.v7i5.13153

[摘要] 在地铁工程中, 由于其高效、安全的特点, 盾构法得到了越来越多地采用。但是, 隧道掘进过程中遇到的淤泥质层会大大降低工程的安全性。该类地层含水量高, 压力大, 强度低, 极易引起地表沉降, 隧道变形, 甚至破坏原有建筑物。尤其是在盾构始发段, 其地质情况复杂, 给工程带来较大困难。为了保证隧道工程的安全与质量, 对隧道衬砌后段的软土地基进行补强处理是保证隧道工程建设的重要手段。

[关键词] 盾构到达端淤泥质软弱地层加固; 周边既有桥桩保护; 措施

随着我国城镇化建设步伐的不断推进, 在我国一些较为复杂的地区, 盾构法被大量采用。根据相关数据, 近几年来, 在我国地铁工程中, 有 60% 以上是通过软黏土层。实际应用证明, 采用科学、合理的地基处理方法, 能够有效地减少建设过程中的风险, 保证建筑物的安全。以杭州—绍兴城际线为例, 对其进行了盾构型号及开挖工艺的优选, 取得了较好的效果。对今后同类项目的施工具有一定的借鉴意义。

一、淤泥质软弱地层特性及盾构施工风险分析

(一) 地层工程地质特征

淤泥质地层是一种特殊的地质结构, 它是一种特殊的地质结构。通常含有大量水分, 含水量往往能达到很高的比例, 甚至在某些地区可以达到 50% 以上。这使得淤泥质地层呈现出软塑甚至流塑的状态。该类地层一般具有高含水量、大孔隙比、高压缩性和低剪切强度的特征。所以存在着很大的盾构刀槽结泥危险。在役桥梁桩基, 其承载特性以差异下沉、水平位移敏感为主。如《建筑地基基础设计规范》规定, 为防止对已有建筑物产生损伤, 应将其沉降变形限制在规定的限度之内^[1]。

(二) 盾构到达施工风险识别

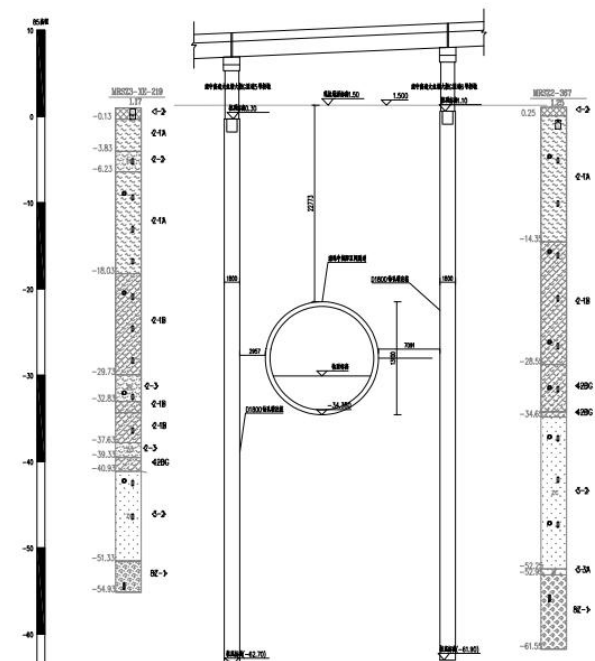
由于淤泥质土的特性, 在实际工作中已经形成完善的处理方法。《建筑地基处理技术规范》(JGJ79-2012) 利用搅拌桩进行了大量的预处理, 现场测试结果表明, 该方法使地基的抗压强度达到 0.8 MPa 以上, 从而构成稳固的加固壳。在隧道施工中, 同步注浆是一道非常重要的工艺, 其施工工艺主要包括: 水泥: 粉煤灰: 膨润土: 水=1: 2: 0.5: 3, 起始期为 6~8 h, 灌浆压力为 0.3~0.5 MPa, 注浆量按理论脱空体积的 150%~180%。二次灌浆以超细粉泥浆 (10~15 μm)、渗透性 (10~6 cm/s)、能够高效填补微细孔隙的超细粉泥浆。在对掘进参数进行调节时, 将掘进速率设定为 20~30 mm/min, 刀盘旋转速率 1.2~1.5 rpm, 整机推力 80 万~10 万 kN, 综合考虑各因素对地层干扰的影响。

(三) 桥桩—土—盾构的相互作用机理

桥梁桩基础的防护要求构建全面的安全防护系统。利用桩基实施硬性隔离, 桩基入岩。在区间边线和桥梁桩基间实施, 顶部施作冠梁支撑, 形成整体框架。

在结构上, 小直径钢管桩基础承载体系中, 选用直径为 1.0~1.2 m 的 φ219 mm 钢管桩, 深度达 3~5 米, 利用钢承台实现原桩承载力的高效传递。根据“全过程多参数”的原理, 利用 Leica TS60 高精度全站仪实现 0.5" 的位置偏移监控, 结合振动弦倾斜计以 0.01 mm/m 的精度实现深部土壤变形的实时监测。在实际的工程中, 利用 BOTDR (BOTDR) 可以实现对桩基微小变形的精确检测, 使其具有 ±10 微米的精度和 1 m 的空间分辨能力。警戒级别设定为: 地面沉陷达到 3 毫米为黄色警告, 5 毫米为红色警告, 停止施工。在紧急情况下, 研制出一种特殊的自适应补强灌浆配方, 其初始固化时间可以调整到 10~15 min, 体积膨胀 8%~10%, 能够在短期内提供高效的支护。在长周期维修期间, 利用声波法对桩基础进行

定期的状态监测, 以保证运行的安全性^[2]。



某工程利用隔离桩形成框架结构

二、盾构到达端地层加固关键技术

(一) 预加固措施设计

为保证隧道工程的安全与质量, 对隧道开挖后的软土地基进行超前处理。高压旋喷 (HJP)、深层搅拌桩 (DCM) 是目前广泛采用的两种处理方式。高压旋喷法是利用高压装置向土体中注入 20~40 MPa 压力的水或空气, 对土体进行冲刷、扰动和破坏, 并在此过程中, 钻杆不断上升, 迫使泥浆和土壤颗粒发生剧烈的相互作用, 从而产生柱状固结体。在确定补强区域时, 应结合地层性质、隧道埋深和现有桥梁桩基等因素对其进行优选。如在顶板及下部含气带处, 为保证岩层的稳定性, 需对其进行加固。为保证钻孔灌注桩的施工质量, 必须依据土层的含水率、可压缩性, 适当调节固化剂的比例。施工灌浆量和水灰比等参数由实验室试验测定, 通常以 1.0~1.5 为宜。另外, 冻结方法对特殊情况也适用。通过对隧道围岩的温度场进行调控, 保证了隧道掘进期间围岩的稳定性, 为隧道掘进机顺利进入隧道创造良好的条件。

(二) 同步注浆与二次补浆工艺

在盾构隧道施工过程中, 采用同步灌浆和二次灌浆技术对防止地层变形、防止桥梁桩基破坏起到了很好的作用。针对不同地质条件下的泥浆浓度、初凝时间及体积收缩率等因素, 提出一种新型的泥浆比例优化方法。灌浆压力与灌浆灌

注量的大小,是桥梁桩基提升的关键。通过对地基及桥梁桩基的变形进行实时监控,并根据实际情况对灌浆工艺进行动态调节,可以降低对已建建筑物的冲击。以苏州地铁11号线为例,采用数值模拟方法,对灌浆补强区域及施工工艺进行了优选,从而有效降低了地面及巷道的沉降及围岩的变形。采用该技术,在保证现有桩基稳定的前提下,保证工程的安全。依据《盾构法隧道施工与验收规范》(GB50446-2017)规定,按地质情况、隧洞埋设深度等因素对灌浆压力进行调节,通常是在1.2-1.6倍范围内。在灌浆过程中,灌浆量要符合规范的规定,并采取“双指标”的原则,就是当灌浆压力到达设计或灌注量到达预定数值时,就可以终止灌浆^[3]。

(三)微扰动施工技术应用

采用微型干扰法进行隧道掘进,可降低隧道开挖对周围地层及周围已有建筑物的影响。在此基础上,对掩护系统进行了合理的定位,并对其进行优化设计。通过对隧道掘进机的位置进行精细的定位,保证隧道开挖时的稳定性,减小对岩层的压力和干扰。转矩与推力分层调控方法,可在保证钻进速度的前提下,降低刀口结泥风险。指出了在“气压均衡”状态下,合理设置贮水池内的压力,对防止井下岩层的变形具有一定的意义。通过对地层压力及盾构机的位姿进行实时监控,并对其进行动态调节,可以有效降低在役桩基的沉降及额外的变形。依据《盾构法隧道施工与验收规范》(GB50446-2017)规定,盾构的推进速率要随地质情况而定,通常为20-50 mm/min,且随地层情况及隧洞深度而适当调节,通常是1.2-1.6倍。

三、既有桥桩保护措施及监测预警体系

(一)桥桩主动托换与隔离技术

在跨既有桥梁桩基工程中,桥梁桩基的主动托换隔振是保证桥梁工程安全的重要手段。小直径钢管桩基础承载力是一种常用的基础承载方式,它通过在已有桩基周边布设小型钢管桩,构成一套稳固的支撑系统,实现对已有桩基的承载。在此基础上,提出了一种既有桥梁结构形式,又有桥梁结构形式。以滨海城市轨道交通隧道为例,采用小型钢管桩托换工法,实现了在役桩基的安全传递,保证了隧道建设的顺利实施^[4]。

在已建桥梁桩基与盾构掘进段间增设隔离桩,能降低盾构掘进对已建桥梁桩基的冲击。在设置隔离桩时,既要保证其自身的稳定,又要保证其对周围土层的稳定。如采取围护结构时,为了保证隔振的有效性,必须在加固后的土层中埋设一定的深度。并结合工程实测资料,对隔振桩隔振效果进行分析与检验。桩基顶应力顶进补偿是指在已建桥梁基础上对已建桥梁进行预加顶压以保证整个结构的稳定性的一种主动防护手段。以一座城市轨道交通隧道为例,采用桩基础顶应力顶进补偿方法,实现了对桥梁基础沉降的有效控制,保证了在建桥梁的正常运行。

(二)智能化监测系统构建

在隧道掘进过程中,特别是在浅层天然气地区,建设智能监控体系,对保证隧道工程的安全与质量具有重要意义。利用自主式全站仪布设静态水平尺,并采用BOTDR进行桩基应力检测,从而对施工期地基的地基变形及在役建筑物的安全性进行实时监控。该监控系统以全自动全站仪、静态水平仪为主要仪器。全自动全站仪能对工程现场进行高精度的立体定位,并能对盾构机的姿态、位置和隧道的变形进行监控。静力水准计是对现有桥梁桩基进行沉降观测的一种重要手段。按照JGJ 8—2016《建筑变形测量规范》要求,为保证观测结果的准确,必须对地基沉降进行精确的观测。在工程现场,自动全站仪布网距离通常为50 m,采用静态水准测量法,以保证对每一座桥梁桩基进行有效的监控。通过多台仪器的共同工作,实现了对盾构隧道开挖期间地层及建筑物的变形监测^[5]。

BOTDR是近年来发展起来的一项新的检测方法,尤其适合对桩身应力进行检测。BOTDR是一种将光纤传感植入桩体内的方法,能对桩基的变形进行实时监控。于2023年发表的《光纤传感技术在土木工程中的应用》(简称BOTDR),采用

BOTDR进行位移监测,其位移可达到10微米,可以对桩基进行精细监测。为了保证测试结果的准确,必须对其进行校准。为保证对桩的应力状态进行完整的监控,必须沿桩的纵向布置光纤传感器。神经网络智能监控方法实现了对全站仪、静态水准仪、光纤传感等多种仪器的测量和处理。利用该系统,使工程监理工程师对其进行监控,并能对其进行有效地预防和控制。根据实际施工中的实际情况,提出相应的报警阈值设置方法。《建筑变形测量规范》规定,通常以5 mm为标准进行地面沉降预报。在地面沉降大于5 mm时,会产生报警提示,提示施工单位及时进行处理。建立地震前兆临界值应从地层性质、施工技术和在役建筑物的安全性等方面进行考虑。智能监控技术的隧道掘进隧道开挖隧道围岩及构筑物的变形监控方法,为我国地铁隧道建设中遇到的重大工程问题,具有重要的科学意义和工程应用价值。

(三)应急预案与长期维护

对于含泥软土地基,在役桥梁桩基的防护是保证工程安全与建筑物稳定性的重要步骤。按照GB50007-2011《建筑地基基础设计规范》的规定,对于软土地区,为保证地层的稳定性,对软土地区的注浆压力要保持在0.5-1.0 MPa的适当值。灌浆料宜选用能迅速凝固、充填性能好、水灰比0.5-0.7的水泥浆。为保证灌浆质量,必须对灌浆进行动态监控。桥梁桩基的纠倾和地基加固是对已建桥梁桩基进行防护的一种有效方法。当桥桩侧移和下沉时,可以通过纠正措施使其回到原来的设计状态。比如,采用安装在桥墩四周的顶升器,采用水力驱动的方法,实现对桥墩的提升与调节。依据《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008)要求,在进行纠偏时,必须对顶升能力进行严格的控制,以防止出现二次破坏。地基加固主要采用注浆加固和增加桩基数量等方法。在灌浆过程中,要考虑桥梁桩基的承载条件及土层性质,选择合适的注浆区域,通常是3倍-5倍的桩径。当新增桩数时,为防止互相干涉,新建桩与已有桥梁桩间距不宜少于3倍。

对在役桩基进行周期监测和状态评价,对保证在役桩基的长期稳定性具有重要意义。按照JTGH11-2004《公路桥涵养护规范》(JTGH11-2004)规定,在运行期桥桩的检查频次要依据桥梁的重要程度及周围的情况来决定。对重大桥梁,宜采用六个月一次的综合测试;普通桥梁只需进行一年一次的检查。测试的主要内容有:外观检验,沉降观测,倾斜度测量等。目视检验:观察桥梁桩基的表层有无开裂,剥落等病害;对桥梁桩基进行沉降观测,并对其进行周期性的沉降观测;采用全站仪等设备对桥梁桩基进行倾斜角的测定。针对出现的问题,要尽快进行修补,以保证桥梁桩基的安全、耐用^[6]。

四、结束语

综上所述,对于保证邻近已建桥梁桩基安全,对于保证隧道工程顺利进行是十分必要的。通过本项目研究,期望通过本项目的研究,进一步提升我国地铁隧道结构对环境变化的适应能力与安全性,为我国地铁建设发展奠定坚实的基础。

【参考文献】

- [1]王义鹏.盾构机始发与到达端头土体加固解析[J].设备管理与维修,2020,(16):103-104.DOI:10.16621/j.cnki.issn1001-0599.2020.08D.58.
- [2]陈焕志.富水砂层中土压平衡盾构到达接收技术研究[J].建材与装饰,2020,(04):266-267.
- [3]莫崇杰,陈和.盾构到达钢筋混凝土箱体接收施工技术[J].市政技术,2016,34(05):106-108+112.
- [4]于加云.盾构到达突发涌水处理及水中到达方案分析[J].隧道建设,2013,33(04):315-318.
- [5]蒋忠全.盾构到达套筒式接收技术的研究[J].建筑机械化,2012,33(S2):236-238.DOI:10.13311/j.cnki.ccnmec.2012.s2.055.
- [6]朱世友,林志斌,桂常林.盾构始发与到达端头地层加固方法选择与稳定性评价[J].隧道建设,2012,32(06):788-795.