

DOI:10.3969/j.issn.1672-1144.2017.04.045

繁华城区深厚淤泥质地层地铁明挖 区间变形规律研究

雷 振

(中国水利水电第八工程局有限公司, 湖南 长沙 410004)

摘 要: 为了研究深厚淤泥质条件下基坑的变形规律, 依托深圳地铁在建明挖地铁隧道区间基坑工程, 采用现场监测方法, 通过分析在建隧道区间基坑周边复杂环境, 重点研究了淤泥质黏土地层对基坑建设的影响。研究表明: 地铁明挖区间现场监测能够及时准确地预警基坑及周边既有建(构)筑物的变形特征; 地铁明挖区间基坑两侧既有市政道路路面变形随着基坑建设由西向东逐渐加剧; 明挖区间同一监测断面上, 同时由于淤泥质黏土蠕变作用, 其侧向位移也随着时间增加而缓慢增大。

关键词: 基坑; 淤泥质黏土; 近接工程; 现场监测

中图分类号: U231.3

文献标识码: A

文章编号: 1672-1144(2017)04-0228-05

Deformation Law of Foundation Pit in Subway in Muddy Stratum Layer in Downtown Area

LEI Zhen

(Sinohydro Bureau 8 Co., Ltd., Changsha, Hu'nan 410004, China)

Abstract: With the rapid development of the coastal cities in the east, the urban subway tunnels always need to be built near the coast. Due to the muddy stratum in the coastal strata, collapse happened a lot. Therefore with the site monitoring data, the influence of muddy stratum on foundation pit is analyzed, based on the foundation pit in subway in Shenzhen. The following conclusion could be drawn: the deformation behavior could be predicted with monitoring data, and the deformation of road near the foundation pit gets larger from west to east. The lateral deformation gets larger with the excavation be done gradually as the result of the creep of muddy stratum.

Keywords: foundation pit; muddy stratum; close-spaced engineering; site monitoring

城市明挖隧道周边建筑物、地下管线分布较多, 周边环境比较复杂, 基坑及周边环境的稳定对基坑开挖过程导致内外土体应力状态的变化非常敏感。基坑开挖是个动态过程, 与之有关的基坑稳定和环境影响也是个动态过程, 因此加强在施工过程中的监测, 观测开挖过程中基坑的状态及其对周边环境的影响, 有助于快速反馈施工信息, 预防工程破坏事故和环境事故的发生, 做到信息化施工^[1]。

对于复杂的大中型工程或环境要求严格的项目, 往往难以从以往的经验中得到借鉴, 也难以从理论上找到定量分析、预测的方法, 这就必定要依赖于施

工过程中的现场监测^[2]。在施工过程中对基坑维护桩、基坑边坡、冠梁的全方位监测, 掌握支护结构与基坑的变化情况, 并及时调整施工方案, 控制施工节奏, 从而使支护结构始终处于有效控制之中^[3]。专家学者^[4-17]对于国内的许多复杂地质条件下基坑工程的监测数据进行了整理研究, 并得到了许多有益的成果结论。对于淤泥质地质条件下基坑工程的监测数据的研究, 虽然也有许多专家学者^[18-24]分析研究并获得了许多结论, 但是由于地质条件的复杂性和独特性, 每个基坑工程都有其特有的性质, 现有的研究成果中不可能将所有条件下基坑工程的变

形规律全部包含。

依托深圳地铁在建明挖地铁隧道区间基坑工程,采用现场监测分析方法,通过分析在建隧道区间基坑周边复杂环境,重点研究了淤泥质黏土地层对基坑建设的影响。

1 工程概况

深圳市城市轨道交通 10 号线工程益田停车场出入线区间起于福田口岸站西侧端墙,止于益田停车场东侧端墙,其中福田口岸站为地下双层,益田停车场为场线并行过交叉渡线后,入场线线路纵坡往下、出场线线路纵坡往上逐渐拉开轨面高差后,均以平坡接入益田停车场东侧端墙。本段明挖隧道位于广深高速公路北侧绿化带内,出入线明挖隧道起始于福田保税区一号隧道西侧,牵出线明挖隧道起始于福田保税区一号隧道东侧,终点位于福田保税区二号隧道正下方。明挖下穿福田保税区一号、二号隧道及益田—广深立交桥,上跨广深港高铁盾构隧道。本次设计出入线明挖区间隧道入场线起点里程为 TRDK0+861.377,终点里程为 TRDK1+264.339,入场线线路全长 402.962 m;出场线起点里程为 TCDK0+862.550,终点里程为 TCDK1+264.339,在 TCDK1+100.000 处设置一个 0.752 m 长链,出场线线路全长 402.542 m;牵出线明挖隧道起点里程为 SSK0+000.000,终点里程为 SSK0+272.200,牵出线线路全长 272.200 m。

基坑范围地层自上而下依次为素填土、淤泥、淤泥质黏性土、卵石、砂土、全风化花岗岩、强风化花岗岩、中风化花岗岩。设计采用地下连续墙+内支撑的支护型式。地下连续墙槽壁采用双排搅拌桩预加固处理,为防止淤泥层纵向滑移,增设水泥搅拌桩隔墙,临近广深高速公路侧增设双排高压旋喷桩。场地揭露到的地层主要有第四系全新统人工堆积层(Q_4^{ml})、第四系全新统海陆交互沉积层(Q_4^{mc})、第四系全新统冲洪积层(Q_4^{al+pl})、第四系残积层(Q_4^{el})、燕山期(γ_5^3)花岗岩。其中淤泥类土作为一种区域性特殊类土,具有天然含水率高、孔隙比大、渗透性低、中压缩性,高灵敏度、抗剪强度低、承载力低、饱水状态下还具有触变、流变等特性,对工程地质条件有着特殊的影响。淤泥土地基承载力低,强度增长缓慢,加荷后易变形且不均匀,变形速率大且稳定时间长,具有渗透性小、触变性及流变性大的特点。会

对本工程的地层沉降规律造成特殊影响。

2 现场监测方法

针对深圳地铁益田车站 1# 隧道东侧基坑在建设,开展了现场监测工作,主要监测内容如下:地表沉降点、1# 隧道沉降点、支撑轴力监测点、桩顶沉降点、水位监测点,测斜监测点等。监测点布置方案如图 1 所示。

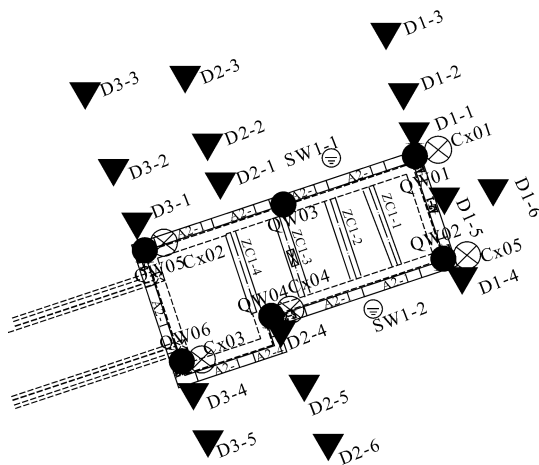


图 1 监测点布置

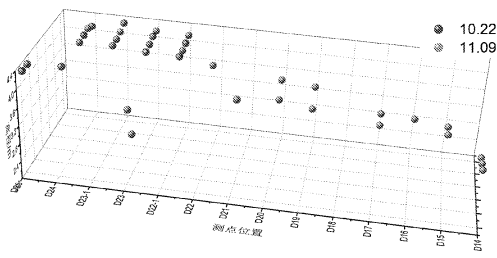
3 监测结果分析

3.1 地表沉降

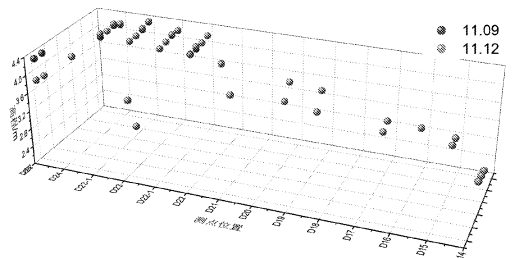
图 2 所示为以 10.22、11.09、11.12、11.19 以及 12.02 为代表时间节点的出入线地面沉降各测点高程散点图。

图 2(a)中,10.22 已有出入线基坑西侧处监测数据,即为图 2(a)中涂色圆点,10.22 已有 D22—D25 各测点监测数据,各测点高程基本处于同一水平上;11.09 号监测数据为涂色圆点,监测数据中增加监测点 D14—D21,从出入线基坑整体来看,基坑测点高程由西至东为递减趋势,可能与东侧基坑先行开挖有关,此外 10.22—11.09 期间 D22—D25 测点高程变化不大,大多轻微沉降个别产生轻微隆起。

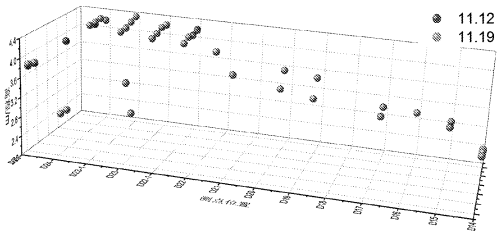
图 2(b)中,11.09—11.12 期间,D25 位置测点高程发生显著变化,高程由 4.23 m 沉降至 3.75 m,变形很大,图 2(c)中,11.12—11.19 期间,D24 位置测点高程发生显著变化,D24-5 测点高程由 4.26 m 沉降值 2.11 m,而先前变化较大的 D25 测点位置高程变化稳定,高程轻微上升。图 2(d)中,各测点高程变化发育稳定,各测点均无明显高程变化,大多产生轻微沉降。



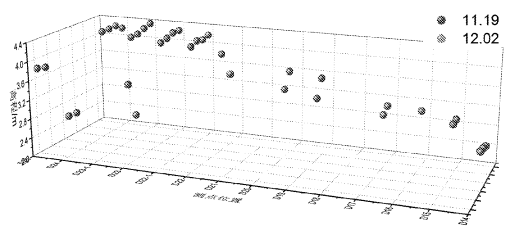
(a) 10-22—11-09测点高程变化



(b) 11-09—11-12测点高程变化



(c) 11-12—11-19测点高程变化



(d) 11-19—12-02测点高程变化

图 2 测点高程变化散点图

图 3 为 D14 测点沉降变化情况。D14 测点位置为出入线与牵出线交界处,此处存在较大变截面,且支撑结构复杂,对测点 D14-1、D14-3、D14-4 沉降规律进行分析。D14 测点位于变截面边线上,各测点由内向外依次布置。从图 3 中可以看出,测点处地面沉降随施工进行呈增大趋势,除 D14-4 处地面于 12 月份产生隆起变形沉降减小外,各测点沉降发育趋势相近,D14-1 发育趋势较稳定,而 D14-3 与 D14-4 变形发育存在波动,与 D14-4 相比 D14-3 沉降波动存在一定滞后性,结合三点位置考虑,可能测点越靠近变截面边缘位置,对施工、降水等外来扰动更加敏感。

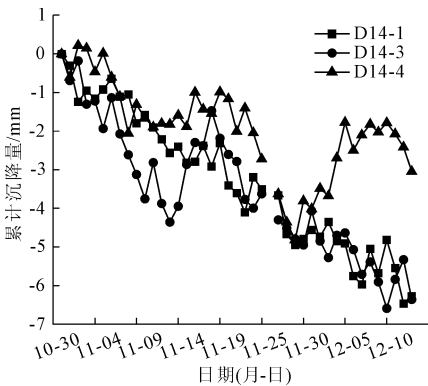


图 3 D14 测点沉降变化情况

3.2 墙顶水平位移

停车场出入线区间段有 Q23—Q52 共 30 个墙顶水平位移监测点,做各测点 X、Y 向偏移变化曲线,如图 4、图 5 所示。

图中可以发现大多数测点 X、Y 向偏移值在 2 mm 左右,其中 QW23、QW24-1、QW24-2、QW48、QW38、QW32 等测点处墙顶位移明显大于其他测点,同时其大多位于支撑结构变截面位置,因此由东至西选择 QW23—QW24、QW31—QW32、QW37—QW38、QW47—QW48、QW51—QW52 五个截面位置进行监测数据分析。

监测点位移变化通过 X、Y 坐标变化表示,X 为正代表测点处墙顶向基坑外倾斜,为负则向基坑内倾斜,Y 向为正代表向东侧倾斜,为负代表向西侧倾斜。由于偏移为矢量数值,通过时间—偏移曲线难以清晰表示各时间节点处墙体的具体倾向,因此通过将当前测点偏移数值绘制于四个象限的函数图形内,当前数据点所在位置及距原点距离,分别代表了监测点处墙顶的偏移方向和偏移距离。

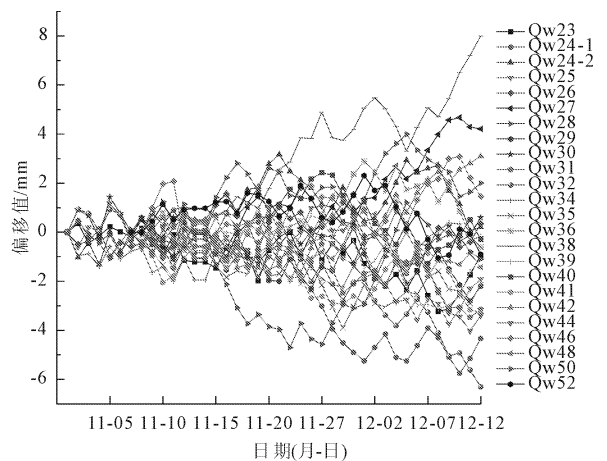


图 4 X 向偏移

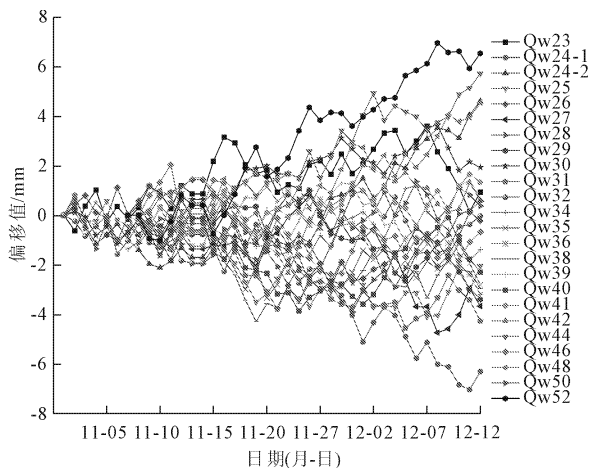


图 5 Y 向偏移

3.3 墙顶位移与支撑轴力对应关系

根据几何受力关系易知,基坑支护结构中,墙顶水平位移与第一道混凝土支撑轴力存在密切的受力位移关系,墙顶水平位移会显著影响混凝土支撑的轴力变化,同时混凝土支撑也对墙体位移起到限制效果,二者互相影响。因此对照墙体位移所取断面,分析其混凝土支撑受力变化情况。

QW29—QW30 断面位于出入线基坑东侧,结构处不存变截面等特殊形式,对应 TZC1 - 48 混凝土支撑。TZC1 - 48 混凝土支撑轴力变化如图 6 所示,图 6 中可见其轴力值变化常出现反常波动,如 11.21、11.25、11.30 轴力值突然剧烈波动,从受拉变化为受压,隔天又恢复正常,咨询监测人员答复,轴力值的测量受周边环境影响极大,车辆停靠、杂物堆放、温度反常等都可能造成轴力值剧烈波动,因此可以认为上述天数的监测数据有误,对分析数据无影响。QW29—QW30 断面墙体偏移轨迹以及两侧点间距变化如图 7 所示,其最终偏移方位已在图 8 中圈出,可以看出,自监测记录开始,基坑北侧测点 QW29 位置墙体逐步向西南方向偏移,基坑南侧测点 QW30 位置墙体偏移轨迹波动范围较大,首先向东北方向偏移,此过程中基坑两侧距离增大,混凝土支撑处于拉伸状态,而后 QW29 测点继续想西南侧偏移,QW30 测点逐步转向南侧偏移,墙体间距逐渐减小至支撑处于压缩状态。测点间距变化曲线与混凝土支撑轴力变化曲线基本吻合,数值波动所代表的具体情境相符,特征数据记录日期相吻合,说明墙顶水平位移与支撑混凝土轴力间确实存在明确的对应关系,位移变化将导致轴力对应改变,支撑受力限制位移波动。

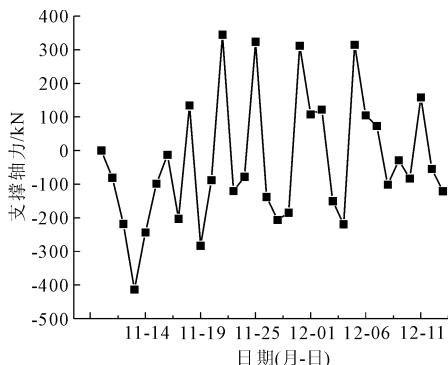


图 6 TZC1 - 49 支撑混凝土轴力变化曲线图

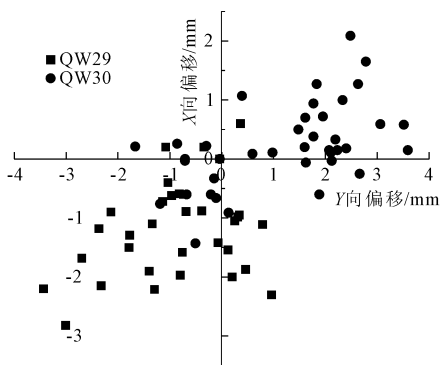


图 7 QW29—QW30 断面墙顶位移分布图

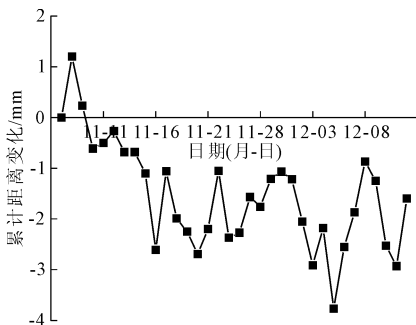


图 8 QW29—QW30 断面支撑部位间距变化曲线图

QW23—QW24 与 QW51—QW52 断面为出入线基坑与其他区间段相交位置,结构断面处发生变截面,采用了特殊的支撑结构形式,应单独进行分析。对于 QW23—QW24 断面,QW23 与 QW24 - 1 测点处结构受力变形直接由 TZC1 - 39 承受,该支撑受力变形方向与测点连线位于同一条直线上,其余 TZC1 - 40、TZC1 - 41、TZC1 - 42 三道混凝土支撑同样对结构有支撑作用,但其受力点及受力方向均不直接作用于测点处墙体,对测点墙体位移起次要作用,推测其影响效果由内层支撑至外逐渐减小;该断面 QW24 - 2 测点,其周边混凝土支撑结构均无法对其直接起到支撑作用,仅能通过支挡其所在墙体来限制其位移,效果与 TZC1 - 40 等位置的混凝土支撑一致。

4 结 论

针对繁华城区深厚淤泥地层地铁明挖区间基坑变形规律,依托深圳地铁在建明挖地铁隧道区间基坑工程,通过现场监测数据分析,研究了地铁明挖区间基坑对周边复杂环境的影响特征,重点揭示了淤泥质黏土地层明挖区间变形规律得到以下研究结果:

(1) 地铁明挖区间现场监测能够及时准确地预警基坑及周边既有建(构)筑物的变形特征,为工程建设提供重要的数据参考。

(2) 地铁明挖区间基坑两侧既有市政道路路面变形随着基坑建设由西向东逐渐加剧。其中,基坑南侧地面变形较北侧更加明显,即对于同一轴线上测点,南侧测点变形明显大于北侧;同时越靠近基坑位置的测点沉降明显。建议在施工过程中合理有效的安排施工工序,减小地表沉降变形。

(3) 明挖区间同一监测断面上,侧向位移随着开挖深度增加而增大,同时由于淤泥质黏土蠕变作用,其侧向位移也随着时间增加而缓慢增大。而沿着开挖轴线方向,开挖区域会引起尚未开挖区域地下连续墙侧向位移量增加,引起水平钢支撑轴力增加。因此,在地铁明挖区间建设过程中,应充分考虑淤泥质黏土的蠕变特性与基坑开挖的时空效应,正确评估基坑支护体系的稳定性。

(4) 淤泥质黏土地层的特殊工程力学特性,决定了地铁明挖区间支护结构的变形规律。随着淤泥质黏土地层开挖深度的增大,明挖区间基坑围护结构体系的变形量逐渐增加,致使基坑稳定性减弱和周边既有建(构)筑物极易失稳破坏。因此,在特殊地质条件下进行基坑施工,必须充分考虑工程地质特征,采取有效的支护体系和施工工艺,以保证工程建设的安全。

参考文献:

- [1] 许雷挺.紫金港隧道深基坑现场监测及开挖过程模拟分析[D].杭州:浙江大学,2013.
- [2] 刘国彬,王卫东.基坑工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [3] 郝祝融,刘媛.南京某深基坑现场监测及有限元模拟研究[J].四川建筑科学研究,2014,40(1):156-159.
- [4] 黄钟晖,杨磊.广西大学地铁车站深基坑变形监测数据分析[J].工程地质学报,2013,21(3):459-463.
- [5] 徐杨青,程琳.基坑监测数据分析处理及预测预警系统研究[J].岩土工程学报,2014,36(S1):219-224.
- [6] 曾凡云,李明广,陈锦剑,等.基坑群监测数据与施工信

息动态同步分析系统的开发与应用[J].上海交通大学学报,2017,51(3):269-276.

- [7] 王飞,宋学文,赵会艳.基于现场监测数据分析的深基坑安全风险评价体系[J].公路,2016,61(11):11-16.
- [8] 高磊,孙阳阳,濮慧蕾,等.基坑监测信息管理系统的设计与实现[J].地下空间与工程学报,2013,9(S2):1984-1988.
- [9] 卢明涛,邢心魁,宋战平.武汉某深基坑工程监测分析[J].水利与建筑工程学报,2011,9(4):109-111.
- [10] 赵庆强,张建龙,王辉,等.深圳地铁2号线侨香站基坑监测分析[J].水利与建筑工程学报,2011,9(5):129-134.
- [11] 周二众,刘星,青舟.深基坑监测预警系统的研究与实现[J].地下空间与工程学报,2013,9(1):204-210.
- [12] 喻军,龚晓南,李元海.基于海量数据的深基坑本体变形特征研究[J].岩土工程学报,2014,36(S2):319-324.
- [13] 屠传豹,陈勇,刘国彬,等.地铁深基坑测斜监控指标的探讨及实践[J].岩土工程学报,2012,34(S1):28-32.
- [14] 张君华,马波,张鸣宇.拟稳平差在基坑自动监测系统中的应用[J].测绘通报,2014(S2):75-76.
- [15] 陈开端,CHENKaiduan.地铁基坑施工中水位监测数据累计值超标及其影响分析[J].城市轨道交通研究,2016,19(8):67-70.
- [16] 任永忠,马彦鹏,周勇.兰州市某深基坑支护设计及监测研究分析[J].岩土工程学报,2012,34(S1):705-710.
- [17] 徐伟,夏乔网,徐鹏飞,等.软土地基临江特大型相邻深基坑同期施工监测分析[J].岩石力学与工程学报,2013,32(S1):2676-2683.
- [18] 张跃进,曾纪文.深厚淤泥层基坑开挖动态监测与应急处理[J].岩土工程学报,2014,36(S1):990-995.
- [19] 刘岸军,屠忠尧.排桩锚杆联合支护在淤泥质黏土基坑中的应用[J].建筑结构,2014,44(1):88-91.
- [20] 张具寿,曹杨,高云凤,等.深厚淤泥层中大型深基坑关键施工技术[J].岩土工程学报,2014,36(S2):250-253.
- [21] 孟长江.福州站北广场深基坑工程实例分析[J].铁道工程学报,2015,32(10):38-43.
- [22] 马驰,刘国楠.深圳机场填海区欠固结软基超大深基坑的设计[J].岩土工程学报,2012,34(S1):536-541.
- [23] 徐杨青,顾凤鸣,武继红.环梁支撑结构在泥炭土深基坑中的应用研究[J].岩土工程学报,2012,34(S1):319-323.
- [24] 秦景,路威,高需生,等.滨海软土区深基坑支护结构设计及变形分析[J].地下空间与工程学报,2013,9(5):1115-1120.