

广州石牌东商业大厦基坑支护工程监测分析

罗顺飞, 张建龙, 赵庆强

(广东工业大学, 广东广州 510006)

摘要: 结合基坑特点及周边环境,对石牌东商业大厦基坑工程制定了有针对性的监测方案。通过使用测斜仪、水准仪、频率接收仪等对基坑深层水平位移、周边水位变化、支撑轴力、周边建筑沉降等项目进行了跟踪监测,取得了丰富的监测数据。监测结果表明,在基坑开挖到一定深度设置一道支撑能有效控制基坑壁的变形,避免“弓”形位移曲线的出现,监测成果为施工期间进行设计优化和合理组织施工提供了可靠的信息,从而确保了基坑工程的施工质量以及施工期间周边建筑的安全。

关键词: 监测; 基坑支护; 测斜仪; 轴力; 沉降

中图分类号: TU433

文献标识码: A

文章编号: 1672—1144(2012)04—0121—06

Analysis on Monitoring for Foundation Pit Supporting Engineering of Shipai East Commercial Building in Guangzhou

LUO Shun-fei, ZHANG Jian-long, ZHAO Qing-qiang

(Guangdong Polytechnical University, Guangzhou, Guangdong 510006, China)

Abstract: Combined with the characteristics of foundation excavation and surrounding environment, the targeted monitoring scheme for the foundation pit engineering of Shipai east commercial building has been formulated. By use of the inclinometer, level and frequency receiving instrument, the horizontal displacement of depth layers, change of surrounding water level, supporting axial force, surrounding buildings' settlement and so on were monitored, gaining a wealth of monitoring data. The monitoring results indicate that to set a support could effectively control the deformation of foundation pit wall with the excavation of foundation pit to a certain depth, which could avoid “bow” shape displacement curve. The monitoring results could provide the reliable information for optimization design and reasonable organization during construction, so as to ensure the construction quality of foundation pit and safety of the surrounding buildings during construction.

Keywords: monitoring; foundation pit supporting; inclinometer; axial force; settlement

1 工程概况

1.1 工程简介

广州石牌东商业大厦场地北面、东面、南面紧挨建筑物,西面为石牌东路。大厦设2层地下室,开挖深度10.4 m。周围大部分现有建筑物采用的基础类型为非桩基础,对地形变形反应灵敏。

本工程基坑北侧紧邻一栋3层商场,基坑边线至该房屋最近点仅3.7 m,商场有一层地下室,系人工挖孔桩基础;东侧约10 m~12 m处有2栋住宅;

西侧道路下有排水管和电缆。

基坑设计安全等级为一级。根据地形条件,基坑开挖深度及工程地质情况,基坑支护采用 $\Phi 1200$ 人工挖孔桩连续墙的结构型式,设一道钢筋混凝土支撑梁。

为确保工程质量和基坑的安全,施工过程中需要对基坑进行现场监测,监测内容主要包括:一方面,通过施工期间周围土体的动态进行监测,对所得监测结果进行处理、分析,将所得监测结果与设计进行比较,以达到及时变更相应设计,并指导施工管理

的目的;另一方面,通过现场监测可追求更确切的施工安全性及经济性。如在地下工程施工中,通过测定地下水位变化和周围建筑物变形(水平位移和竖直沉降),可以随时掌握地下水位及周围建筑物的动态,通过对这些动态变化进行合理的分析、定量的把握、准确的判断,不仅能达到施工安全、经济、合理的目的,而且还能满足施工进度方面的需求。

1.2 工程地质及水文地质条件

根据相关工程地质勘查报告,该基坑各岩石分层为:①人工填土层(Q_4^{ml}),厚 1.80 m~2.00 m,平均厚 1.90 m,属 I 级松土;②淤泥质土层(Q_4^{mc}),厚 2.5 m~3.4 m,平均厚 2.95 m;③冲积洪积砂层

(Q_3),厚 2.0 m~2.5 m,平均厚 2.25 m;④粉质粘土层,厚 2.5 m~3.0 m,平均厚 2.75 m;⑤砂质粘土层;⑥岩石全风化带;⑦岩石强风化带;⑧岩石中风化带;⑨岩石微风化带。

场地地下水埋深一般为 0.60 m~5.80 m,水位主要为第四系孔隙潜水和基岩裂隙水的混合水位。砂层为主要含水层,仅局部分布。其它土层与风化岩层含水贫乏,透水性差。

根据地质勘察报告,场地地质条件较好,地下水不丰富,本场地各土层的分层描述及土层物理力学参数见表 1。

表 1 岩土体物理力学参数表

编号	土层名称	厚度/m	天然密度 ρ /($g \cdot cm^{-3}$)	内摩擦角 φ /($^\circ$)	凝聚力 c /kPa	压缩模量 E /MPa
1	人工填土层	1.8~2.0	1.80	—	—	18.0
2	淤泥质土层	2.5~3.4	1.72	9	10	3.1
3	砂层	2.0~2.5	2.04	26	0	5.3
4	粉质粘土层	2.5~3.0	1.87	20	15	5.1
5	砂质粘土层	1.2~1.6	1.91	21	22	4.3
6	岩石全风化层	3.2~3.6	1.72	9	10	5.5
7	岩石强风化层	3.4~4.0	1.96	22	20	6.3
8	岩石中风化层	4.5~5.0	2.34	29	28	—
9	岩石微风化层	11~12.5	2.25	33	35	—

由于基坑开挖深度较大,按行业标准《建筑基坑支护技术规程》^[1]有关规定及设计要求,为确保工程质量,工期进度和基坑的安全,在施工的全过程中,要求对基坑安全进行监测。

2 基坑监测内容及测点布置

本基坑位于闹市区,同时又毗邻众多建筑物,在监测过程中要考虑周边环境对监测项目的影 响,针对本基坑深度大,平面形状复杂、基坑距离建筑物较近的特点,依据有关规范^[1-2]并结合基坑特点确定监测内容如下:基坑边壁(围护桩)的深层水平位移(测斜)、地下水位观测、钢筋轴力测试、周边建筑物的沉降测试。基坑监测的主要项目及各监测项目报警值和控制值见表 2,基坑监测平面布置见图 1。

监测项目确定后,不同监测项目应根据其特点及工程实际情况布设监测点。测点布设应充分考虑基坑的地质状况与基坑围护方案,根据经验和理论预测来考虑测点布设范围和密度^[3]。

表 2 监测项目和报警值要求表

序号	监测项目	仪器	报警值 控制值	数量
1	支护结构顶水平位移监测	全站仪	$\frac{25mm}{30mm}$	7 点
2	支护结构变形监测(测斜)	测斜管 测斜仪	$\frac{25mm}{30mm}$	7 孔
3	周边建筑物沉降监测	水准仪	$\frac{2.5mm/d}{3.0mm/d}$	25 点
4	基坑周边地下水位监测	水位计	$\frac{1500mm/2000mm}{250mm/d/300mm/d}$	2 孔
5	支撑轴力监测	钢筋计	$\frac{3000kN}{3600kN}$	7 点

3 监测方法及步骤

3.1 桩侧向位移监测

基坑深度增大,地下水位的变化,基坑外侧深层土体也会发生变化,引起深层水平位移,因此深层位移的监测也十分重要^[4]。深层水平位移监测一般采用埋测斜管用测斜仪测定。

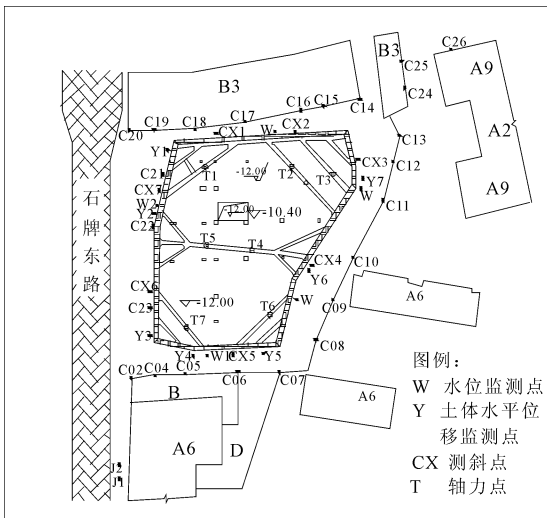


图 1 基坑监测平面布置示意图

(1) 监测方法及注意事项:测量时,将测斜仪探头沿测斜管十字定向槽放至测斜管底,从底至顶每 0.5 m 测一次数值,得到每 0.5 m 的偏斜量,基坑开挖过程中测量值与初值比较的差值即是每 0.5 m 由于开挖引起的位移量(测斜管埋入基岩,认为管底不动)。

(2) 测点埋设:为控制支护结构水平位移值来确保基坑安全,在基坑平面不同位置布置了 7 个水平位移监测孔,测斜管通过直接绑扎或设置抱箍将其固定在挡墙钢筋笼上,钢筋笼入槽(孔)后,浇筑混凝土。测斜管布设见图 2。

3.2 建筑物沉降监测

基坑一定范围内建筑物的监测,是基坑监测的重点项目之一,一般进行垂直与水平位移监测,多数只进行垂直位移(沉降)监测。

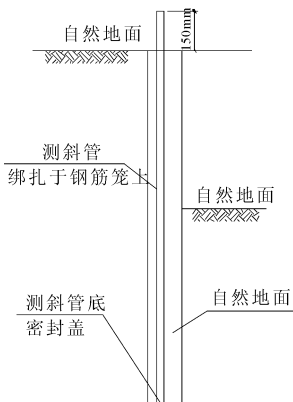


图 2 围护墙测斜管埋设示意图

(1) 监测方法及注意事项:按变形测量规范^[2]中的要求和工程实际情况,采用美国天宝电子水准仪 Dini03、条码钢瓦标尺,按一级沉降观测精度要

求,采用闭合环法固定仪器、固定人员、固定线路进行施测。

(2) 测点埋设:钢筋深埋水准点,埋设深度嵌入基岩 2 m,以粗螺纹钢埋设,并用混凝土浇灌^[5]。如图 3 所示。

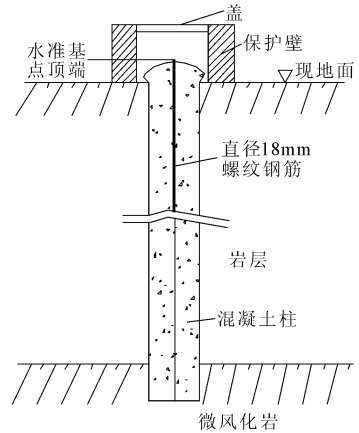


图 3 水准基点结构示意图

立柱沉降点,在立柱顶孔深 200 mm,在孔内埋设 $\Phi 18$ 钢筋,高出地面 40 mm,并用混凝土筑高 350 mm 的水泥墩,顶部加工成半球形。

3.3 支撑轴力监测

基坑支撑体系处于动态平衡之中,随着基坑施工工况的变化建立新的平衡。通过支撑轴力监测,可及时了解支撑受力及其变化情况,准确判断基坑支撑体系稳定情况和安全性,以指导基坑施工程序、方法,确保基坑施工安全。

(1) 监测方法及注意事项:根据基坑的具体情况,考虑到支撑布置情况,按最不利工况,在每一钢筋混凝土支撑上设置钢筋计 4 个江苏宜兴生产的钢筋测力计,均焊接在四角的主筋上。

(2) 测点埋设:由于基坑平面复杂,所以钢支撑监测断面取在最危险的部位。钢筋计安装在支撑与圈梁接头的位置。横向支撑上布置两个监测点(ZL - A4 和 ZL - A5 对称),斜支撑各布置一个钢筋计监测(其中 ZL - A1 与 ZL - A2 对称,ZL - A6 与 ZL - A7 对称)。

3.4 地下水位监测

地下水位的高低直接影响基坑的开挖,为降低基坑开挖时土的含水率,水位监测管一般根据地下水文资料,布设在含水率大和渗水性强的地方,在紧靠基坑的外边,以 20 m ~ 30 m 的间距平行于基坑边埋设。

测点埋设:根据设计图纸在基坑周边设水位观测孔。先在设计点位钻孔,然后用直径 10 cm 的

在明挖段施工过程中^[8],建筑物沉降主要经历了两个阶段,第一阶段为从基坑开挖至底板浇筑阶段(2010年5月10日至2011年1月13日,其中2010年10月7日至2010年12月16日只监测一次,因16届广州亚运停工),在此过程中建筑物沉降下降较为明显,沉降原因可归结为两方面:一是随着基坑开挖深度的增大,开挖面土体应力得到释放,造成开挖面土体向基坑内侧移动,基坑周边土体逐步沉降,从而导致建筑物随之沉降;二是在施工开挖降水过程中,随着地下水位降低,含水层排水导致周边土体沉降引起建筑物沉降。此时间段内最初阶段建筑物沉降速率最大,最大沉降速率达0.11 mm/d(2011年1月7日至2011年1月9日),因此,此阶段为监测的重点。第二阶段为结构浇筑至顶板回填阶段(2011年1月17日至2011年2月26号),此时间段内建筑物累计沉降值反而减小,一方面,由土体孔隙比变化引起的缓慢固结沉降导致累计沉降值变大,另一方面,由于基坑开挖保持开敞状态的时间(因16届广州亚运,从2010年10月16日至2010年12月24日项目停工)比较长,地基土有足够的时间回弹,导致地基沉降累计值减小,两种效应叠加之后最终累计沉降值减小。

4.3 支撑轴力监测结果分析

在监测过程中,为保证数据的连续性和完整性,通过对监测数据进行分析归纳得到不同部位监测点轴力变化曲线。选取 ZL - A4 为代表得出图 7 所示轴力变化曲线图(因亚运停工,图中分析时段为2010年12月16日至2011年1月26日)。

由图 7 可知,在开始布设钢筋计阶段轴力值大部分为负值,也即开始处于受拉状态,其原因可归结为:ZL - A4 布设在基坑的正中横梁上,跨度较其它斜梁大,在基坑开挖初期,基坑壁对梁两端产生的压力还不足以抵抗梁自重,应力叠加后最终呈现负值。当基坑开挖到 9 m(2010年12月26日)时,随着开挖深度加大,基坑墙体或土体都发生一定的水平位移,从而大大加大了坑壁对梁产生的压力,在之后开挖过程中轴力值始终维持为正值,也即都处于受压状态,在基坑支撑拆除完成后达最大值(2 632.17 kN)小于 3 600 kN(最大轴力控制值)。基坑底板浇筑完并达到稳定后,坑壁墙体变形减弱,导致轴力有所减小,最终趋于稳定。因此,在基坑开挖过程中,一方面,应加大对开挖见底至底板浇筑这一过程的监测力度,另一方面,尽量缩短底板浇筑施工工期,使基坑支撑受力尽快趋于稳定。

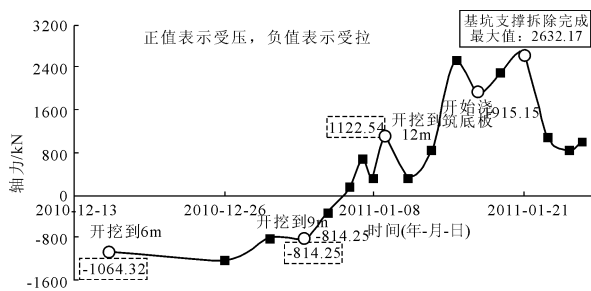


图 7 ZL - A4 轴力变化曲线图

4.4 地下水位监测结果分析

结合本基坑周围环境地质条件,确定布设两个水位监测点:SW01、SW02,分析、处理所测数据可得图 8 所示水位随时间变化曲线图。图中水位变化较稳定,基本能维持在 2.5 m ~ 5.0 m,亚运停工期间,监测数据不得而知,但亚运前后水位未出现任何异常。

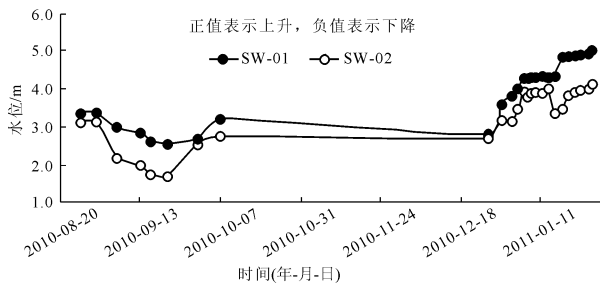


图 8 水位随时间变化曲线图

通常水位变化受环境和工程地质状况影响较大,降雨量的多少能直接导致水位的变化,因此,在工程地质状况较好的地区施工的前提下,降雨量较大期间应加大水位监测力度,其余情况可相应的调整监测频率。

5 结 论

本工程对基坑开挖过程及完成后支护结构的水平位移、周围建筑的沉降、内支撑轴力及地下水位进行了现场测试及监测分析,得出以下结论:

- (1) 发生最大位移位置出现在基坑顶端,最小位移发生在基坑底部,布置一道混凝土支撑能够有效的减小坑壁中间墙体的水平位移,从而避免“弓形”位移曲线出现,并呈现阶段性的“加速变形—减慢变形”的规律。
- (2) 基坑开挖到一定深度后,因亚运停工,基坑露天停置一段时间,周围土体出现部分回弹,累计沉降值叠加后呈现减小趋势,这对建筑物的沉降是有利的,但从桩体侧向位移的变化速率分析(应尽量减

少基坑暴露时间,已降低基坑变形量)又是不利。因此,结合具体工程实际,权衡二者利弊。作出综合判断。

(3) 在基坑开挖影响范围内地下构筑物沉降规律是相似的,但沉降量因受到各种因素影响而有较大差别^[9]。

(4) 基坑横梁所受到的轴力远远大于斜梁所受轴力,在监测过程中应加大对横梁的监测频率。

参考文献:

- [1] 中国建筑科学研究院. JGJ120-99. 建筑基坑支护技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999: 19-21.
- [2] 中国有色金属工业协会. GB50026-07. 工程测量规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2007: 60-68.
- [3] 夏才初, 潘国荣. 土木工程监测技术[M]. 北京: 中国建

筑工业出版社, 2001: 224-225.

- [4] 安关峰, 宋二祥. 广州地铁琶州塔站工程基坑监测分析[J]. 岩土工程学报, 2005, 27(3): 333-337.
- [5] 安关峰, 高峻岳. 广州地铁公园前地下空间深基坑综合支护监测分析[J]. 岩土工程学报, 2007, 29(6): 872-879.
- [6] 张建龙, 徐桂萍, 刘树亚, 等. 某工程土钉墙支护结构信息化施工[J]. 施工技术, 2001, 30(1): 28-29.
- [7] 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.
- [8] 张明聚, 由海亮, 杜修力, 等. 北京地铁某车站明挖基坑施工监测分析[J]. 北京工业大学学报, 2006, 32(10): 874-878.
- [9] 李庆伟, 陈龙华, 程金明. 北京某深基坑监测实例分析[J]. 施工技术, 2008, 37(9): 30-32.