

黄土地区深基坑土压力监测与分析

赵敏, 厉广广, 孟令冬

(西安工业大学建筑工程学院, 西安 710032)

摘要:针对黄土地区深基坑的特点,结合具体土压力监测的工程实例,以西安市南门外某深基坑工程的长期监测数据为例,分析深基坑在施工过程中土压力的变化规律,得到一定的经验性规律:黄土基坑开挖具有一定的时间和空间效应,土压力变化在空间上与监测点埋深有关,埋深越大土压力值越大,在时间上与监测周期有关,呈先减小再增大再减小后趋于稳定的趋势,坑壁位移变化与监测点所处位置有关,基坑边角及坑角密集处监测点位移要明显大于远离坑角处位移,随时间保持增长,其增长率逐渐较小,最终趋于稳定。坑壁位移变化与土压力变化整体保持一致。

关键词:黄土;基坑;土压力

中图分类号:TU432

文献标志码:A

引言

黄土在我国,尤其是西北地区分布较为广泛。由于黄土一般呈多孔状,其透水性强,具有较强的渗透性^[1],且其具有垂直节理发育、层次不明显、沉陷性和抗侵蚀性等多种复杂性质。许多学者对黄土基坑进行了研究,如叶帅华^[2]依托实际工程案例,通过基坑开挖过程中水平和竖向位移变化研究了土钉墙加预应力锚杆复合支护等三种不同支护形式在甘肃地区黄土基坑工程中的适用性;何海鹏^[3]以数值模拟的方式验证了甘肃某基坑现场测量沉降与位移变化规律,得出基坑变形具有一定的空间效应,即桩身不同位置以及距离基坑不同位置变形不同;胡大为^[4]从黄土特性出发,以西安地区湿陷性黄土基坑的长期监测数据为研究内容,对湿陷性黄土基坑监测预警值及其监测频率进行了优化与建议。

这些研究主要从基坑变形角度出发,但对于其他监测项目并未做过多提及。作为基坑监测项目之一的土压力监测,对深基坑而言是尤为重要的。基坑开挖过程,土压力处于一种不断变化的状态^[5]。土压力的大小

直接影响并决定着桩的配筋、围护结构的尺寸和入土深度等^[6],是控制基坑变形的重要监测手段之一。本文通过对西安南门外某深基坑工程长期的监测数据分析,总结黄土地区深基坑的土压力及位移的变化规律,为黄土地区深基坑类似工程提供经验参考。

1 工程概况

该工程位于西安地铁2号线地铁站附近,被环城南路分为南北两块区域。两块区域基坑东西最大长度约为93 m和76 m,南北130 m和92 m,平均深度11.6 m。根据基坑周边建筑物的不同情况,采用搅拌桩加固、桩与竖向斜撑的复合支护、悬臂双排桩等多种加固和支护方法,并采用分块、分层开挖等综合作业。

2 地质及水文条件

该基坑所属区域为黄土梁洼地貌,为非自重湿陷性黄土,湿陷等级为I级(轻微),其地层及特征自下而上见表1。基坑北侧为西安护城河,基坑地下水位为潜水型(稳定介于8.8~10.8 m),水位变化的主要影响来自大气降水

收稿日期:2016-03-07

基金项目:陕西省教育厅项目(14JK1340)

作者简介:赵敏(1970-),女,陕西杨凌人,教授,硕士,主要从事岩土工程、隧道与城市地下工程方面的研究,(E-mail)zhaominxait@163.com

和侧向径流补给。水文条件受地下水位及周边降水施工影响较大,监测时应当充分给予考虑,及时调整。

表1 地质条件各层分布表

系 统	层号	土层名称	土体特征	层厚/m
第四系全新系统	1-1	人工填土(杂填土)	杂色,结构杂乱,土质不均	1.30~8.50
	1-2	人工填土(素填土)	以黄褐色为主,土质不均	0.50~4.50
第四系上更新统	2-1	新黄土	褐黄色,土质均匀,可塑	1.10~10.60
	2-2	古土壤	棕红色,团粒结构,可塑	1.20~4.70
第四系中更新统	3-1	老黄土	褐黄色,土质均匀,可塑	2.10~6.70
	3-2	粉质黏土、粉土	褐黄色,饱和,硬塑	0.60~3.10
	3-3	细砂	灰黄色,饱和,密实	0.40~1.80
	3-4	中砂	灰黄色,饱和,以密实为主	0.20~3.30
	3-5	粗砂	灰黄色,饱和,密实	0.40~1.80

3 土压力监测

3.1 土压力监测点布设

根据规范^[7-8]要求,结合现场勘察实际情况,在距离坑内壁支护结构一定距离的基坑周围土体内,相对容易产生大变形的关键部位布设了6个土压力孔,每孔分别在3 m、6 m、9 m埋设处紧贴坑壁面向坑外布置土压力盒,其受力面(光面)与坑壁作用土体垂直,并用细沙包裹压实,以监测坑壁土体水平方向压力变化。共布设18个土压力监测点。详细布设如图1所示。

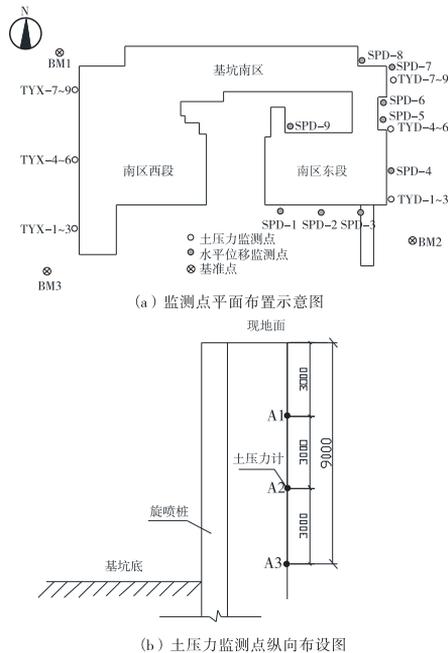


图1 监测布点平面及土压力监测点纵向布设图

3.2 土压力监测仪器及原理

目前国内监测土压力常用的土压力计主要有差动电阻式和钢弦式两种^[9],本工程监测采用振弦式双膜压力盒,用480型频率仪对压力盒进行测试,对对应编号

的压力盒所测数据进行监测并实时记录。并通过公式进行换算:

$$P_{侧} = K(f_1^2 - f_2^2)$$

式中: $P_{侧}$ 为土体对围护结构的侧压力; k 为压力盒的标定系数; f_1, f_2 分别为压力盒钢弦的初始频率和压力盒钢弦的量测频率^[10]。

4 土压力监测结果分析

4.1 监测结果

基坑东段自2013年12月开始开挖,至2014年1月开挖至设计标高,3月中旬基坑开始回填,至四月初回填完毕;西段自2013年10月基坑开挖,至12月中旬开挖至设计标高,2014年2月初开始回填,至3月中旬回填完毕。东西段累计观测分别为58期和116期。土压力监测数据汇总如下:

(1)以开挖初期和开挖稳定阶段,基坑东西两段应力增量及其日均变化率的极值和平均值汇总,绘制土压力变化数据表(表2)。

(2)以应力监测时间为横轴,应力增量为纵轴,绘制了土压力随时间变化曲线图(图2)。

4.2 数据分析

长期的监测数据表明,基坑开挖及地下结构的施工过程中,坑壁土体内部产生的土压力的总体变化相对较小,并且趋势趋于平稳,该基坑工程土体始终处于相对稳定的状态,符合基坑工程监测技术规范要求。

从表2土压力变化数据汇总表可以看出,与基坑开挖初期相比,开挖稳定阶段的应力增量及日均变化率较小且趋于0,即土体最终趋于稳定。土压力最大最小值分别出现在底层监测点(TY-3、6、9)和表层监测点(TY-1、4、7),即土压力值与监测点埋深有关,且一般随埋深增大而增加。

表 2 土压力变化数据汇总表

不同阶段应力变化		应力增量/KPa				应力增量日均变化率/(KPa/d)		
		最大值	监测点	最小值	监测点	最大值	最小值	均值
开挖初期	东段	0.119	TYD-3	-0.169	TYD-1	0.108	0.061	0.075
	西段	0.140	TYX-9	-0.112	TYX-4	0.123	0.052	0.063
开挖稳定	东段	0.055	TYD-6	-0.092	TYD-4	0.082	-0.001	-0.031
	西段	0.040	TYX-9	-0.086	TYX-7	0.075	-0.006	-0.016

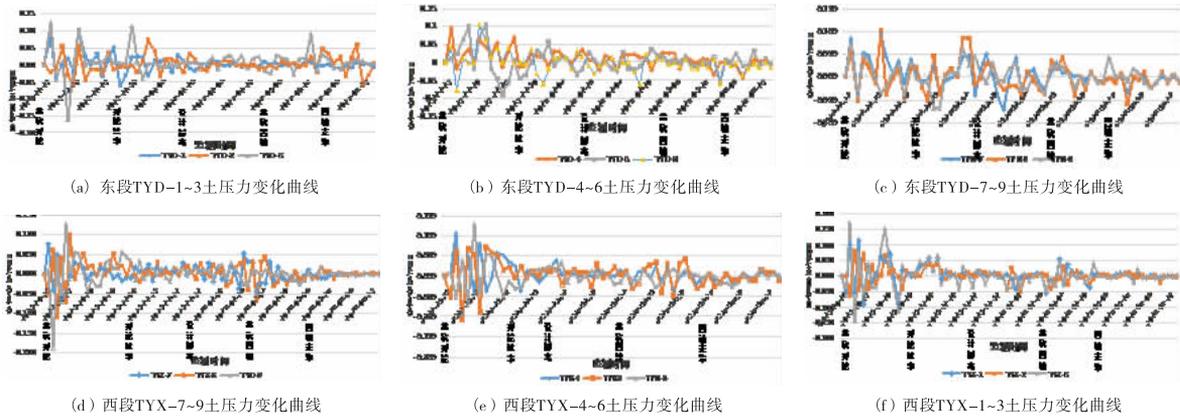


图 2 土压力随时间变化曲线图

从图 2 土压力随时间变化曲线图可以看出,土压力在随监测时间变化过程中,整体满足先减小后增大再减小,围绕某一特定轴线小幅度的上下波动,最终趋于稳定的趋势。土压力在基坑开挖初期,减小最为迅速,变化最为明显,即开挖初期是土压力监测的关键时期。基坑开挖不同阶段对土压力变化影响较为明显,开挖过程中随着开挖深度的增加坑壁土体不断卸载,至基坑回填坑壁土体压力基本平衡,应力增量最终趋于稳定。稳定时的土压力值一般要低于开挖初期的土压力值,这是因为,一方面随着基坑开挖正常固结土转变为超固结土,其强度增大,一定程度上能够有效的控制土压力^[11];另一方面是施工过程中采取的支持措施对基坑的变形起到一定的约束作用。

4.3 结果评价

陆培毅^[12-13]和杨庆^[14]分别以室内模型试验和现场监测为依据对粘性土、砂性土及卵石底层中基坑开挖过程土压力变化规律进行分析研究,不同地区不同土质基坑土压力变化各有异同,总体都满足非线性动态波纹式的变化且随埋深增大而变大的规律。黄土基坑土压力变化总体与之类似,但由于黄土的垂直节理特征和较强的渗透性,在遇到振动或者浸水现象时,土压力在基坑开挖及降水阶段,尤其是开挖初期变化相对较大。这就要求,基坑开挖及降水阶段适当提高土压力的监测频率、控制降水速率、规范开挖机械及运输机械操作等,对于正常施工期间两次监测结果误差较大的点进行复测,数据长期波动较大的点可考虑重新布点,以确保工程质

量安全。

5 基坑变形监测

基坑坑壁周围共布设水平位移监测点 37 个,其中西段 28 个,东段 9 个,根据基坑开挖及施工现场实际情况,基坑东、西段分别采用极坐标法和小角法监测,东段水平位移观测点布设如图 1 所示,监测数据结果如图 3 所示。

从图 3 曲线可知,远离基坑边角的 SPD-4 点的位移最终远小于靠近基坑边角及坑角相对密集的其他监测点,且整体稳定,水平位移相对变化较小,这与王旭军^[15]的研究结果一致,所测位移监测点累计增量均未达到监测方案要求的预警值(10 mm),且最终趋于稳定,与土压力监测结果一致。现场观察坑壁无明显裂缝现象,各项指标满足规范^[16]要求。

6 结论

本文以西安市南门外某深基坑的土压力监测数据为基础,研究黄土地区深基坑土压力变化规律,得出以下结论:

(1)黄土地区深基坑土压力受黄土自身结构性影响,总体变化相对较小,西安市南门外某深基坑的监测结果表明,基坑土压力及位移的变化在允许范围内,满足工程安全要求。

(2)基坑工程具有一定的时空效应^[17-18]。在本工程中主要表现为:基坑土压力大小与压力盒埋深大体呈正

态线性相关,土压力监测时间变化满足减小-增大-减小-稳定的动态发展模式;基坑坑壁位移满足基坑边角及坑角密集处大于远离坑角坑壁位移的规律,总体位移随监测时间变化先增长后趋于稳定。

(3)本文研究的出发点为深基坑的土压力监测,在实际工程中应当充分结合基坑支护结构水平位移、沉降监测及周边建筑物的沉降监测、地下水位监测、锚杆轴力监测等监测项目,更加完善地对基坑进行监测和分析,确保工程的安全。

参考文献:

- [1] 刘颖.黄土的渗透性[M].北京:科学出版社,1961.
- [2] 叶帅华,陈长流,寇巍巍,等.兰州市某深基坑工程位移监测及变形特性分析[J].岩土工程学报,2014(S2):400-455.
- [3] 何海鹏,杨有海.兰州某基坑变形监测与数值模拟[J].兰州交通大学学报,2015,34(6):38-44.
- [4] 胡大为.湿陷性黄土地区深基坑监测技术研究及应用[D].西安:长安大学,2014.
- [5] Silvestri V, Ashok k, Chugh D R. Lateral earth pressure problem of cohesive backfill with inclined surface[J]. Journal Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 1996, 122(6):863-873.
- [6] 赵晓峰.黄土基坑围护结构上的土压力[J].勘察科学技术,2012(4):38-41.
- [7] GB50497-2009,建筑基坑工程监测技术规范[S].
- [8] JGJ311-2013,建筑深基坑工程施工安全技术规范[S].
- [9] 张辉,刘国,陈昌彦.土压力监测在高填方下刚性桩复合地基沉降分析中的应用[J].工程勘察,2011(3):31-35.
- [10] 钱家欢.土力学[M].南京:河海大学出版社,1995.
- [11] 雷国庆,方晓梅,武豫东.深基坑中考虑超固结效应的有效土压力计算[J].岩土力学,2002(S1):154-156.
- [12] 陆培毅,严驰,刘润.粘性土基于室内模型试验土压力分布形式的研究[J].建筑结构学报,2002,23(2):83-86.
- [13] 陆培毅,严驰,顾晓鲁.砂土基于室内模型试验土压力分布形式的研究[J].土木工程学报,2003,36(10):84-88.
- [14] 杨庆,钱霄.成都砂卵石地层桩锚支护侧土压力实测分析[J].土工基础,2011,25(2):22-26.
- [15] 王旭军,龚剑,赵锡宏.某超大深基坑工程围护墙变形实测与分析[J].地下空间与工程学报,2015,11(6):1588-1595.
- [16] GB50026-2007,工程测量规范[S].
- [17] 付立彬,宋梦.空间效应对基坑开挖围护结构变形的影响[J].地下空间与工程学报,2015,11(6):1596-1602.
- [18] 刘念武,龚晓南,楼春晖.软土地区基坑开挖对周边设施的变形特性影响[J].浙江大学学报:工学版,2014,48(7):1141-1147.

Monitoring and Analysis of Soil Pressure of Deep Foundation Pit in Loess Area

ZHAO Min, LI Guangguang, MENG Lingdong

(School of Civil & Architecture Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710032, China)

Abstract: Respect to the characteristics of deep foundation pit in loess region, combined with specific engineering examples of earth pressure monitoring, the long-term monitoring data of a deep foundation pit at Xi'an Nanmen engineering is taken as an example, and the variation of earth pressure in the process of deep foundation pit construction is analyzed. Some empirical regularity are obtained: The excavation of loess foundation pit has a certain time and space effect; soil pressure changes are related to the depth of the monitoring points in space and increased with the depth; it's related to the monitoring cycle in time, assuming a decrease-increase-decrease-stable trend; the change of the pit wall is related to the location of the monitoring points, and the displacement of the monitoring points in the corner of the pit or the corner of the pit is much larger than that far away from the pit; it's maintaining growth in time, but the growth rate is gradually smaller, and eventually tend to be stable. The change of wall displacement and soil pressure are consistent as a whole.

Key words: loess; foundation pit; soil pressure