

DOI:10.3969/j.issn.1672-1144.2018.02.019

珠海某混凝土内撑式支护结构深基坑监测与分析

文建鹏¹, 赵笑鹏², 姜晓迪³

1. 深圳市勘察测绘院有限公司, 广东 深圳 518028; 2. 上海隧道工程有限公司, 上海 200232;
3. 郑州大学 土木工程学院, 河南 郑州 450001)

摘要:以珠海某混凝土内撑式支护结构深基坑为例,介绍了滨海平原场地淤泥质土层条件下基坑监测方案设计,对桩体水平位移、支撑轴力、地表沉降和地下水水位变化进行分析,总结监测对象在实际基坑开挖过程的变化规律。监测结果显示:桩体水平位移在基坑开挖期间发展迅速,挖至基底后发展速度放缓,但并未停止;滨海平原场地淤泥质土层条件下,基坑开挖对周边土体变形影响非常大,如不能有效限制基坑侧向变形,将导致基坑周边地面产生较大的沉降。

关键词: 基坑工程; 监测; 混凝土内支撑; 水平位移; 沉降

中图分类号: TU413.6

文献标识码: A

文章编号: 1672—1144(2018)02—0099—05

Monitoring and Analysis of Deep Foundation Pit of Concrete Support Structure in Zhuhai

WEN Jianpeng¹, ZHAO Xiaopeng², JIANG Xiaodi³

(1. Shenzhen Geotechnical Investigation & Surveying Institute Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518028, China;
2. Shanghai Tunnel Engineering Co., Ltd., Shanghai 200232, China;
3. School of Civil Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan 450001, China)

Abstract: Taking the deep foundation pit of concrete supporting structure in Zhuhai as an example, this paper introduced the foundation pit monitoring scheme design under the conditions of muddy soil layer in coastal plain, and the horizontal displacement, support axial force, surface subsidence and groundwater level change are analyzed. The law of change in actual excavation process is summarized. The monitoring results show that the horizontal displacement of the pile develops rapidly during the excavation of the foundation, and the development speed slowed down after excavation to the base. In the coastal plain site, the effect of excavation on the deformation of surrounding soil is very large. If it cannot effectively limit the lateral deformation of the foundation pit, it will lead to the settlement of the ground around the foundation pit.

Keywords: foundation pit engineering; monitor; concrete support; horizontal displacement; settlement

近年来随着城市建设的持续发展,土地资源日益稀缺,地下空间的开发和利用越来越受到重视,随之而来的基坑工程越挖越深,施工环境越来越复杂^[1-4]。设计科学的基坑安全监测方案,建立合理的报警反馈机制,可以有效的规避施工过程中变形过大和过快等风险^[5-8]。覃卫民等^[9]对武汉某小区深基坑工程进行施工监测分析,针对工程出现的险情,及时反馈监测数据,施工单位处理及时、应急方法得当,保证了基坑工程的安全运行。蒋冲等^[10]依托深圳平安金融中心深基坑,结合基坑变形现场监测数

据,建立基坑开挖过程中地表沉降预测模型,成功预测地表沉降发展趋势。本文结合前人经验^[11-13],以珠海某混凝土内撑式支护结构深基坑为例,介绍了滨海平原场地淤泥质土层条件下基坑监测方案设计,对桩体水平位移、支撑轴力、地表沉降和地下水水位变化进行分析,总结监测对象在实际基坑开挖过程的变化规律,以供类似工程参考。

1 工程概况

珠海某国际大厦项目位于珠海市横琴十字门中

收稿日期:2017-12-09

修稿日期:2018-02-01

作者简介:文建鹏(1980—),男,江西萍乡人,高级工程师,工学硕士,主要从事高边坡、深基坑、软基处理设计及地质灾害治理。

E-mail: 34028092@qq.com

央商务核心区,地面层数为 26 层,高度为 120 m,占地面积约为 14 310 m²。高层建筑物拟采用框架剪力墙结构,高层建筑红线退让范围设五层地下室,地下室坑底总面积约为 7 971.2 m²。基坑西侧为一片空地,其余三侧均为市政道路,北侧基坑边距道路约为 10 m,西南侧距道路约为 15 m,东北侧距道路约为 25 m。

本项目基坑采用桩 + 混凝土内支撑支护型式,基坑开挖深度约 18.6 m。本基坑场地地貌类型属滨海平原地貌,开挖四周坑壁土层主要为素填土、冲填土(粉细砂)、淤泥层、粉质黏土层;坑底土质主要为淤泥层及粉质黏土层,各土层物理力学参数如表 1 所示。

表 1 各岩土层物理力学参数

序号	土层名称	厚度 /m	γ /($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	c /kPa	φ /($^{\circ}$)	m /($\text{MN}\cdot\text{m}^{-4}$)
1	淤泥	14.50	16.0	6.00	4.00	0.5
2	粉质黏土	2.70	18.2	25.00	14.00	5.0
3	淤泥质土	7.90	16.9	8.00	6.00	0.9
4	砂层	7.40	19.6	0.00	29.40	14.4
5	全风化	2.60	18.7	20.70	29.60	16.6
6	强风化	1.00	19.0	25.00	32.00	19.8
7	中风化	10.00	19.5	35.00	45.00	39.5

2 支护结构设计

本基坑采用桩 + 混凝土内支撑支护型式,支护桩采用混凝土灌注桩,桩径 1.2 m,桩间距为 1.5 m。围护结构典型剖面如图 1 所示。

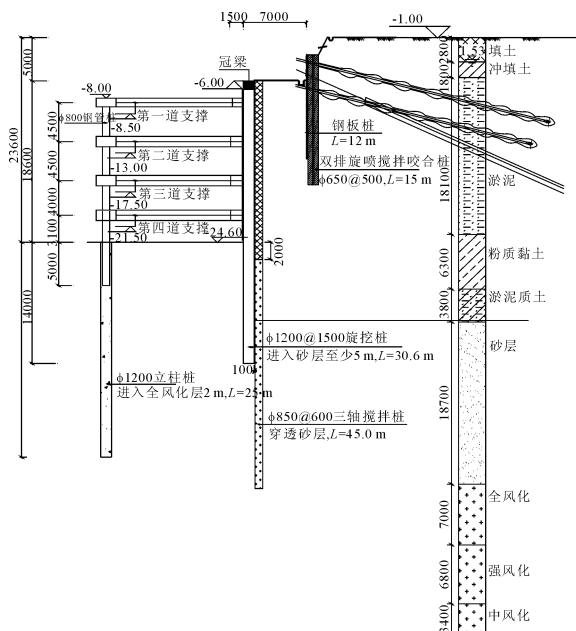


图 1 围护结构典型剖面图

基坑采用顺作法施工,基坑竖向共设置四道钢筋混凝土水平支撑系统,支撑呈对撑角撑布置。钢筋混凝土支撑及围檩的混凝土强度等级为 C40。

支护结构设计及主要材料的选用:(1) 本基坑侧壁安全等级为一级,重要性系数 $R = 1.10$;(2) 本基坑采用桩 + 混凝土内支撑支护型式,支护桩采用混凝土灌注桩,桩径 1.2 m,桩间距为 1.5 m;(3) 场地已根据原有设计方案开挖 5 m 左右,已经开挖部分采用自然放坡与钢桩、水泥土搅拌桩、加筋水泥土锚桩联合支护体系。自然放坡段喷射混凝土厚 100 mm,面层内配置间距 200×200 钢筋网。

3 监测方案设计

3.1 监测项目

结合基坑具体的地质条件、开挖深度和周边情况,根据相关规范^[14-15],确定本基坑监测安全等级为一级。基坑监测项目和布置如表 2 和图 2 所示。

表 2 监测项目表

监测项目	监测位置	测点布置要求	测点数量
桩顶水平及沉降	围护结构顶	间距 20m	40
桩体水平位移	围护结构内	测孔间距 40 m, 测点间距 0.5 m	11
立柱竖向位移	立柱顶部	多跟支撑交汇处,不少于 10%	22
地下水位	基坑周边	间距 40 m,管底伸至基坑底	7
支撑轴力	两支点 1/3 位置处,并避开节点	按支撑约 30%设置	36
周边地表沉降	基坑周边地表及道路	间距 30 m	34
周边管线沉降	管线节点、转角点	间距 25 m	5

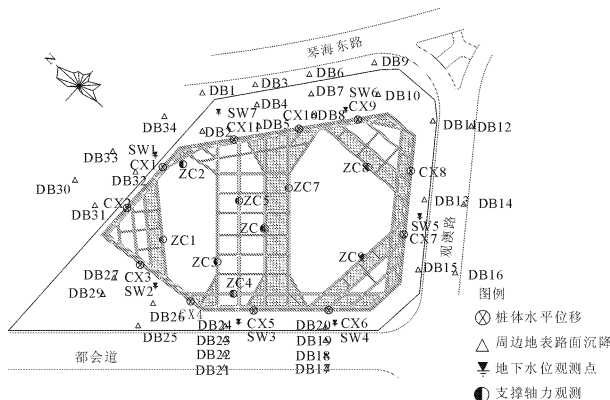


图 2 监测点位平面布置图

3.2 监测项目报警值

基坑报警值和监测频率如表 3 和表 4 所示。在

监测期间遇到异常情况,或日变化量较大时,应提高 监测频率。

表 3 基坑监测报警值

监测项目	桩顶水平位移/mm	桩顶沉降/mm	桩体水平位移/mm	立柱竖向位移/mm	地下水位/mm	支撑轴力/kN				基坑周边地表沉降/mm	周边管线变形/mm
						第一道	第二道	第三道	第四道		
绝对值累计	30	20	45	35	1000	25000	25000	25000	25000	35	20
变化速率	3	3	3	3	500	—	—	—	—	3	3

表 4 监测频率要求

不同开挖深度(m) 监测频率/(次·d ⁻¹)			基础不同浇筑时间(d) 监测频率/(次·d ⁻¹)	
<5	5~10	>10	<28	>28
1	1	1	1	1/3

4 监测结果与分析

4.1 桩体水平位移

本项目桩体水平位移采用新科 Sinco 测斜仪测量,测斜仪分辨率为 0.02 mm/500 mm,重复性为 ±0.01%FS。选取基坑典型截面监测点 CX1、CX5 和 CX11 测斜结果,得到桩体水平位移随时间变化曲线,如图 3 所示(水平位移量“+”表示向基坑内位移,“-”表示向基坑外位移)。

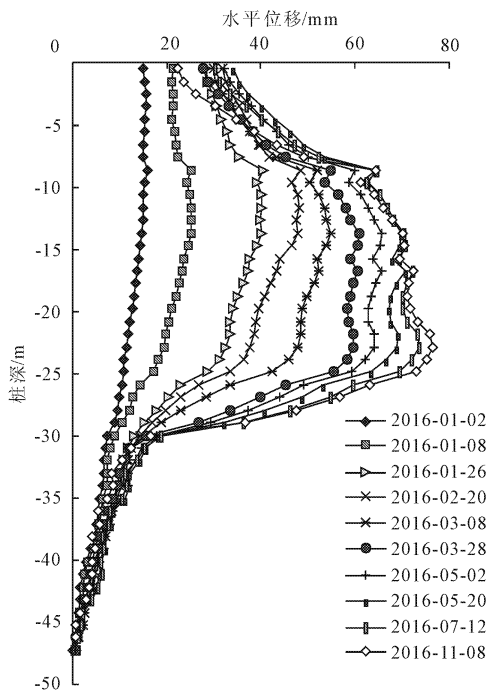


图 3 CX1 桩体水平位移随时间变化曲线

由图 3 可知,2016 年 1 月 8 日测斜点 CX1 所在截面在土体开挖至第二道支撑开始施工阶段,桩体呈现上部位移大下部位移小的特点;1 月 26 日基坑开挖 10 m 左右,桩体水平位移接近报警值,达到

40.3 mm,随后随着基坑开挖深度的增加,桩体水平位移继续增加,最大值所在截面逐渐下降;5 月 20 日基坑开挖至基底,其后随着土体应力释放和固结,桩体水平位移缓慢增加,11 月 8 日最终达到最大值 76.7 mm。

测斜点 CX5 和 CX11 位于基坑两侧相对位置,如图 2 所示。测斜点 CX11 所在施工区域在第一道支撑施工前就开始土方开挖作业,导致桩体水平位移有较大发展(见图 4)。2015 年 12 月 4 日,在第一道支撑施工阶段桩体水平位移已超过报警值,达到 56.1 mm;其后随着土体开挖,桩体水平位移变化规律与 CX1 相似,2016 年 5 月 27 日 CX11 桩体水平位移达到最大值 132.9 mm。

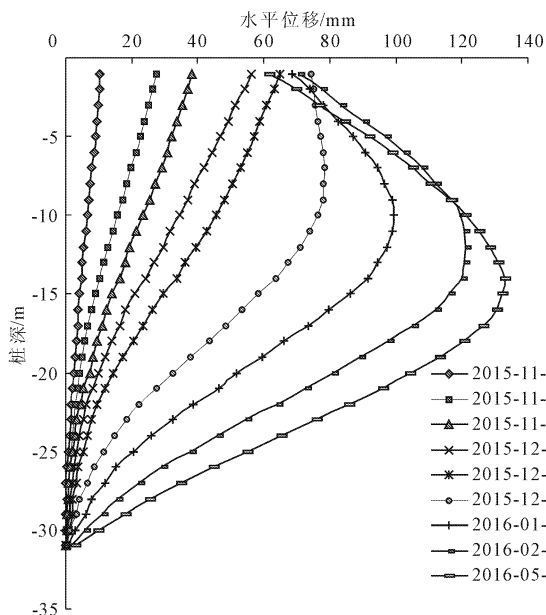


图 4 CX11 桩体水平位移随时间变化曲线

由图 5 可知,受测斜点 CX11 施工及基坑所在土层条件的影响,在 2016 年 1 月 2 日第二道支撑施工前,CX5 桩体水平位移有向基坑外侧偏移的趋势;1 月 19 日随着基坑继续开挖,桩体水平位移开始向内侧偏移,其后桩体水平位移变化规律与 CX1 相似,但是桩体顶部位移始终偏向基坑内侧;10 月 24 日,CX5 桩体水平位移达到最大值 44.7 mm,非常接近

报警值。

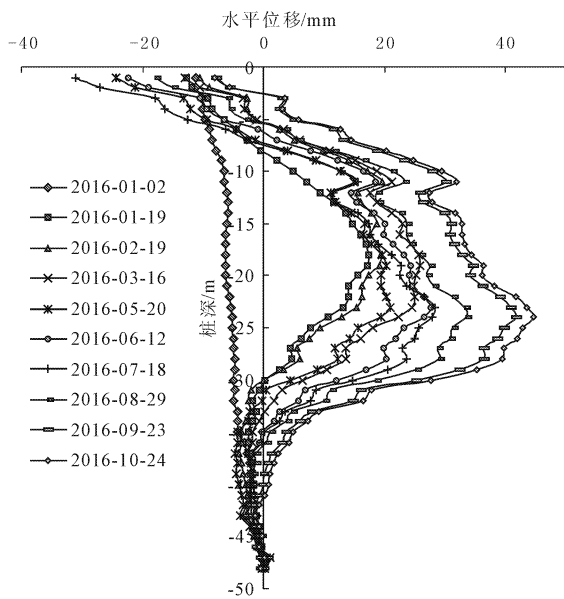


图 5 CX5 桩体水平位移随时间变化曲线

桩体水平位移监测结果显示,多个监测点都已超过报警值,最大超过报警值约 3 倍。结合现场巡查发现,冠梁 1-1、2-2 剖面交接处出现裂缝;5-5 剖面临近道路出现较大裂缝。建议类似项目施工过程中应严格按照施工方案,有序施工,减少基坑暴露时间,并采取有效措施止水。

4.2 支撑轴力

通过在钢筋混凝土之内埋设振弦式钢筋计,通过测量钢筋应力换算截面支撑轴力。本项目采用 JMZX-3001 测读仪测量钢筋计读数。选取典型测点 ZC3 和 ZC6 支撑轴力随时间的变化曲线如图 6、图 7 所示。

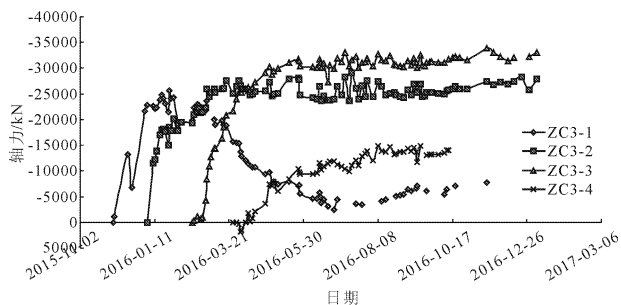


图 6 ZC6 混凝土支撑轴力随时间变化曲线

由图 6 可知,ZC6 在混凝土支撑在浇筑完成后,随着土方开挖,该层支撑轴力迅速增加,直到下一道支撑浇筑完成,轴力接近最大值;2016 年 5 月 20 日基坑挖至基底时,ZC6-2 和 ZC6-3 支撑轴力先后超过报警值 25 000 kN,其后随时间缓慢增加,逐渐稳定,并分别达到 28 000 kN 和 31 000 kN。ZC6-2

和 ZC6-3 支撑轴力远大于其他两道支撑,说明对于本项目基坑,主要由第二和第三道支撑承担来自围护结构的侧压力。

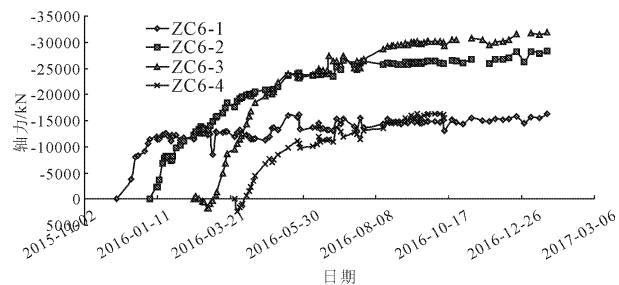


图 7 ZC3 混凝土支撑轴力随时间变化曲线

由图 7 可知,ZC3 支撑轴力变化与 ZC6 相似,ZC3-2 和 ZC3-3 支撑轴力最大值分别达到 27 000 kN 和 33 000 kN。但是 ZC3-1 在第二道支撑浇筑完成以后,轴力逐渐降低至 5 000 kN,说明在混凝土支撑浇筑和基坑开挖过程中,支护结构内力会发生重新分布,所以对于深大基坑采用混凝土内支撑相对于钢支撑有更好的整体性。

4.3 地表沉降

在基坑周边布设地表沉降监测点,沿基坑边缘约 30 m 设一个监测断面,沿监测断面约 5 m 设一个监测点,地表沉降监测点采用 Leica DNA03 电子水准仪量测。选取基坑西南侧 D17—D20 测点监测数据进行分析,得到地表沉降随时间变化规律如图 8 所示。

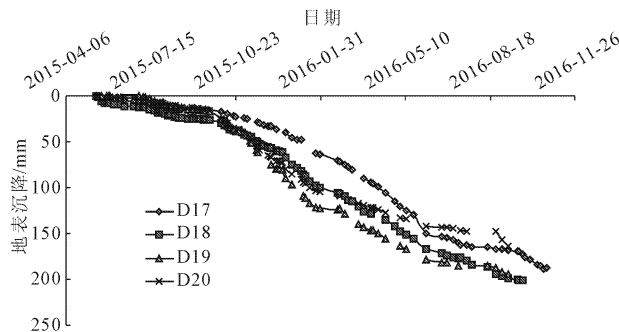


图 8 地表沉降随时间变化曲线

由图 8 可知,2015 年 8 月至 11 月(场地根据原有设计方案,采用自然放坡与钢桩、水泥土搅拌桩、加筋水泥土锚桩联合支护体系,先前开挖约 5 m)期间地表沉降逐渐增大,达到约 50 mm,已经超过报警值 35 mm;2015 年 12 月至 2016 年 5 月基坑开挖至基底,地表沉降持续迅速增加;5 月 20 日基坑挖至基底后,地表沉降增速放缓;10 月 4 日 D19 测点沉降达到最大值 201.65 mm。说明在滨海平原场地淤土层条件下,基坑开挖对周边土体变形影响非常大,如不能有效限制基坑侧向变形,将导致基坑周边地

面产生较大的沉降。

图9为地表沉降各测点沉降值的对比,其中横坐标轴为测点到基坑边缘的距离。由图9可知,2015年5月至12月,地表沉降最大值出现在D20和D19,说明此阶段基坑开挖对距基坑5 m~10 m范围内地面影响最大;2016年1月至6月,地表沉降最大值出现在D19和D18,说明此阶段基坑开挖对距基坑10 m~15 m地面影响最大。由此可知,基坑开挖对地表的影响范围大约为距基坑边缘等于开挖深度的区域,对此区域内的管线和建筑物应重点巡查和监测。

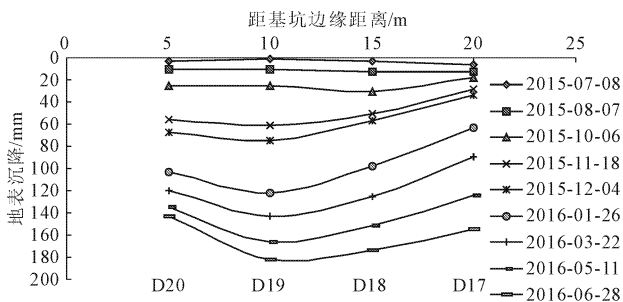


图9 地表沉降各测点沉降对比

4.4 地下水位

地下水位共设7个监测点,沿基坑周边布置,图10为地下水位随时间的变化曲线。由图10可知,本项目基坑外侧地下水位较不稳定,分析认为造成这一现象的原因是本项目场地距海边仅200 m,属于滨海平原地貌,地下水位波动较大。2015年12月—2016年5月基坑处于开挖阶段,由图10可知,此阶段基坑外侧地下水位逐渐下降,其中W3和W4水位下降约5 m,远超报警值。造成这一现象的原因是坑内降水,坑外地下水向坑内渗入。需要注意的是在本项目中,W3、W4与地表沉降较大的监测点D17—D20处于同一区域,地下水位下降与地表沉降呈正相关性,说明水位下降也是造成地表沉降的原因。

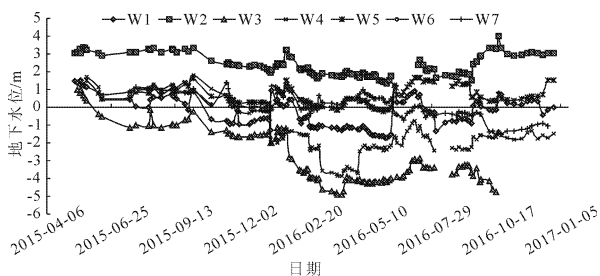


图10 地下水位随时间变化曲线

5 结论

本文以珠海某混凝土内撑式支护结构深基坑为

例,介绍了滨海平原场地淤泥质土层条件下基坑监测方案设计,通过对桩体水平位移、支撑轴力、地表沉降和地下水位变化的分析,得到以下结论:

(1) 桩体水平位移在基坑开挖期间发展迅速,挖至基底后发展速度放缓,但并未停止,最终桩体水平位移最大值达到报警值的三倍。基坑施工过程中应严格按照施工方案有序施工,减少基坑暴露时间。

(2) 滨海平原场地淤泥土层条件下,基坑开挖对周边土体变形影响非常大,如不能有效限制基坑侧向变形,将导致基坑周边地面产生较大的沉降。

(3) 在施工过程中多项监测项目超过报警值,由于基坑监测为施工过程及时提供反馈信息,采取应对措施,加之本项目周边环境简单,混凝土内撑式支护形式有较好的整体性,确保基坑施工安全运行。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 陈伟珂,李金玲,张东涛.天津地铁昆明路站基坑围护结构监测研究[J].建筑科学,2011,27(7):86-89.
- [3] 张健全.北京某深基坑工程施工监测与成果分析[J].工程勘察,2010,38(2):66-70.
- [4] 梁师俊,朱海东,赵波.城市隧道小间距相邻深基坑施工监测分析[J].施工技术,2016,45(1):103-108.
- [5] 冯文滨,吉文来.某地下车库深基坑监测及其成果分析[J].现代测绘,2011,34(4):22-24.
- [6] 陈涛,张敏,李更召,等.天津某深基坑工程监测结果分析与研究[J].水利与建筑工程学报,2015,13(3):151-155.
- [7] 李苏春,袁运涛.苏州凤凰国际书城基坑监测分析[J].水文地质工程地质,2013,40(1):129-133.
- [8] 宋建学,翟永亮,莫莉.基于支撑内力和支护桩位移实测的 m 值反演[J].岩土工程学报,2010,32(S1):156-160.
- [9] 覃卫民,张照仪,王浩,等.武汉团结小区商住楼工程基坑施工监测分析[J].岩土工程学报,2006,28(S1):1830-1833.
- [10] 蒋冲,周科平,胡毅夫.深圳平安金融中心基坑围护结构变形监测分析[J].岩石力学与工程学报,2012,31(S1):3383-3389.
- [11] 周晋.上海某人行地道基坑工程监测及数值模拟研究[J].水利与建筑工程学报,2016,14(4):206-210.
- [12] 丁勇春.软土地区深基坑施工引起的变形及控制研究[D].上海:上海交通大学,2009.
- [13] 肖武权,冷伍明,律文田.某深基坑支护结构内力与变形研究[J].岩土力学,2004(8):1271-1274.
- [14] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑基坑工程监测技术规范:GB 50497—2009[S].北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [15] 中华人民共和国建设部.建筑变形测量规范:JGJ 8—2007[S].北京:中国建筑工业出版社,2007.