

# 建筑物超载作用下的基坑变形分析

刘登攀, 刘国彬

(同济大学地下建筑与工程系, 上海 200092)

**摘要:**结合上海某地铁站基坑工程,对基坑出现险情期间的监测数据进行详细分析,初步探讨了险情出现的原因。结果表明邻近建筑物超载对基坑变形有显著的影响,并得到基坑和建筑物的大变形具有同时性和突然性的特征,对类似工程具有一定的借鉴意义。

**关键词:**深基坑;建筑物超载;变形分析;施工监测

**中图分类号:**TU43 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2007)01-0008-04

**Analysis of the Foundation Pit Deformation under Building Overloading Force/LIU Deng-pan, LIU Guo-bin** (Department of Geotechnical Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** The monitoring data of one subway foundation pit engineering in shanghai was analyzed in detail and the possible reasons of the potential accident were primarily discussed. The result shows that the building overloading has prominent influences on the deformation of the foundation pit, and that the deformation of the building and foundation pit has the characters of simultaneity and suddenness, which can give some reference for the similar engineering works.

**Key words:** deep foundation pit; building overloading; deformation analysis; construction monitoring

## 0 引言

近年来,上海城市建设中的深基坑工程越来越多,其中大多数是处于地下30 m范围内的流塑及软塑粘土层中。由于上海地区工程地质条件与水文地质条件较差,基坑开挖极易产生较大的围护结构水平位移和地表沉降;此外,基坑附近往往建筑物密集,临近建筑物所产生的超载作用对基坑围护结构的变形影响也是一个不可忽视的因素。笔者结合上海某地铁站基坑工程,通过现场监测数据和施工实际工况,结合现场的地质条件,对建筑物超载作用下基坑与周边环境的变形进行了分析,希望能对其他类似工程的安全施工起到一定的借鉴作用。

## 1 工程概况及地质概况

该车站为地下2层岛式车站,总长192.8 m,车站标准段采用600 mm厚、28 m深的地下连续墙,开挖深度为14.94 m,基坑宽度为19.6 m。支撑采用 $\varnothing 609$  mm(壁厚 $t=16$  mm)钢支撑,共设5道。各道支撑中心埋深分别为1.0、4.6、6.94、9.74和12.44 m。

该车站处于交通要道,交通繁忙,基坑两边均有建筑物存在,各种地下管线密集。基坑南侧约7 m处有2幢5层居民楼,北侧25 m处有一幢在建的9

层商业建筑。基坑西侧有多条重要的市政地下管线,距基坑西端头并约10 m处有一南北走向 $\varnothing 1200$  mm煤气管以及 $\varnothing 300$  mm上水承插接口铸铁管和 $\varnothing 300$  mm煤气焊接钢管各一条。本工程基坑保护安全等级为一级。具体控制指标如下:地下墙最大水平位移 $\leq 0.14\% H$ ,即21 mm;周边地面最大沉降量 $\leq 0.1\% H$ ,即15 mm;围护墙顶水平位移 $\leq 0.1\% H$ ,即15 mm( $H$ 为基坑开挖深度)。

本车站基坑工程各土层的分布情况及力学参数见表1。

## 2 基坑施工监测情况

### 2.1 施工监测

本站对测斜、水平沉降、地表沉降、建筑物沉降、水位、支撑轴力等进行严密及时的监测控制(测点布置见图1),并通过远程监控管理系统,实现了监测数据的实时采集和传输(远程监控系统界面见图2)。结合实际工况对数据进行处理,分析基坑的安全状态,及时发现施工中存在的安全隐患,协助指导现场及时采取措施,保证了施工区临近已有建筑物、地下管线的安全以及围护结构体系的稳定。

### 2.2 现场监测情况

基坑自2005年10月25日开始施工。11月30

收稿日期:2006-08-21; 改回日期:2006-11-07

作者简介:刘登攀(1978-),男(汉族),河南南阳人,同济大学博士研究生,岩土工程专业,从事地铁车站深基坑工程施工与研究,上海市杨浦区密云路528弄4号楼701-3, dplucumt@163.com。

表 1 车站各土层分布及力学参数表

土层层号	土层名称	土层厚度 /m	层底埋深 /m	固快峰值		三轴 UU 试验	
				c/kPa	$\varphi/(^\circ)$	$c_u/kPa$	$\varphi_u/(^\circ)$
① <sub>1</sub>	人工填土	1.0~2.5	1.0~2.5				
②	褐黄~灰黄色粉质粘土	1.1~2.8	3.0~4.3	18.1	17.0	56.0	0.0
③	灰色淤泥质粉质粘土	2.4~4.2	6.5~7.8	7.6	26.0		
④	灰色淤泥质粘土	3.9~5.2	10.5~12.5	13.6	9.5	27.0	0.0
⑤ <sub>1-1</sub>	灰色粘土	7.5~12.5	19.5~23.5	16.7	11.0	33.4	0.0
⑤ <sub>1-2</sub>	灰色粉质粘土	3.7~8.7	26.2~29.9	18.0	16.0	43.2	0.0
⑥	暗绿色粉质粘土	0~3.6	28.9~31.3	34.3	17.5		
⑦ <sub>1</sub>	草黄色砂质粉土	4.6~8.6	34.6~37.6	7.1	27.5		
⑦ <sub>2</sub>	草黄色粉砂	12.9~13.2	48.2~48.5	1.2	35.0		
⑧	灰色粉质粘土	未穿	未穿	21.0	21.0		

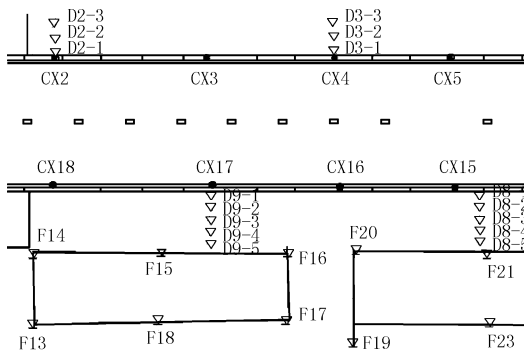


图 1 测点布置图

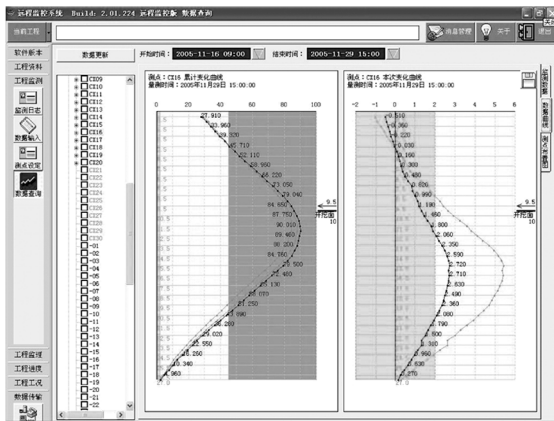


图 2 远程监控系统界面

日测斜点 CX16、CX15 的变化速率突然明显增大,呈加速趋势。CX16、CX15 最大日变形量达 22.7、12 mm,分别位于地面以下 14.5 及 16.5 m 深度处。与此同时,基坑南边紧邻建筑物的沉降观测点 F14 的日沉降量 29 日达到了 60 mm,30 日仍有 36 mm 的变化量,累计沉降量已达 188.7 mm,房屋出现开裂。相应的地表沉降观测点 D9-2、D9-3 日变化量也分别达到了 36.7、62.7 mm。

根据现场踏勘,发现地面多处出现裂缝,临近建筑物多处出现较大裂缝,尤其是房屋附属结构更是开裂严重(见图 3)。为确保基坑围护结构的安全以

及建筑物的正常使用,现场施工单位及时采取了以下措施:(1)已经开挖到底的部分抢做垫层和浇注底板,未开挖到底的部分立即停止开挖,增加一道钢支撑并调整挖土工艺;(2)加大监测频率,对变形较大部位,每 2 h 测量一次,发现数据异常立即上报,并及时采取措施加以控制。



图 3 建筑物开裂情况

从后续几天的连续监测数据来看,至 12 月 2 日,建筑物和地下墙变形的发展势头得到了有效的遏止,变形已经趋于稳定,各监测项目每天的变化量基本控制在 2 mm 以内,成功排除了险情,保证了基坑工程以及临近建筑物的安全。

### 3 监测数据分析与原因初探

#### 3.1 监测数据分析

通过对现场监测数据的分析,可以得到在存在临近建筑物超载作用的情况下,工程监测数据变化的一些特征。

从图 4 可以看出,在基坑工程出现险情期间,地下连续墙水平位移急剧增加。11 月 28 日到 12 月 2 日的 4 天内 CX16 和 CX15 测点处地下连续墙水平位移分别向基坑内发展了 54 和 32 mm。特别是 CX16 测点 11 月 30 日的变化量达到了 22.7 mm,12 月 1 日为 18.13 mm,至 12 月 2 日,该点处地下连续

墙已累计向坑内产生了118 mm的水平位移。

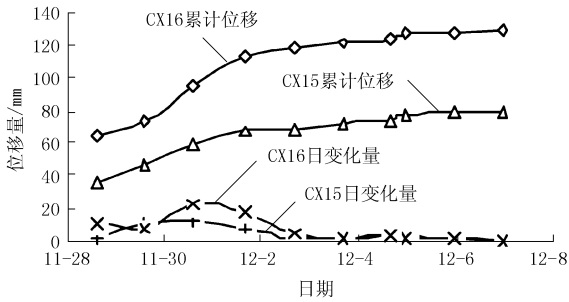


图4 测斜点CX16和CX15最大变形处的变形曲线

图4显示,测斜点CX16的变化速率在11月30日明显增大,变化量为22.7 mm,是29日的2.8倍;CX15点11月29日变化量为11 mm,是28日的5.2倍。从图5可以看出建筑物沉降观测点F14的沉降速率在11月29日也明显增大,单日沉降达到了60 mm,是28日的6.3倍;同样的,图6中可以看出地表沉降速率也突然加大,D9-2、D9-3测点11月30日变化量达到了36.7、62.7 mm,分别为29日的6.3倍和4.9倍。从时程分析曲线来看,监测数据大变形的发生具有明显的突然性与同时性。

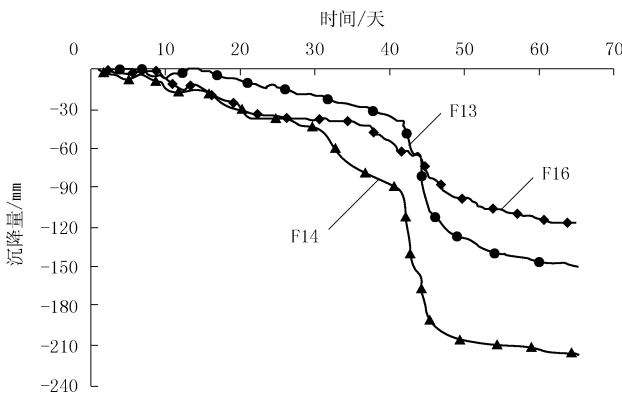


图5 建筑物沉降曲线

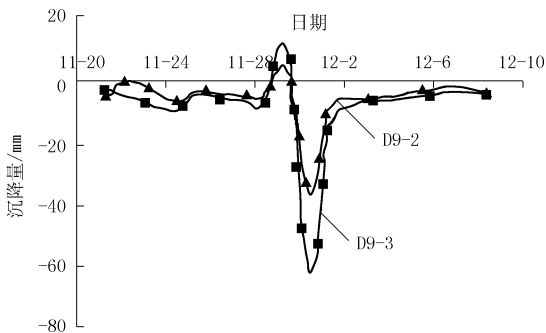


图6 时间-地表沉降速率图

状态。其中,CX16点在11月26日架设第四道和12月3日架设第五道支撑期间墙体变形量达到61 mm,平均日变形量为8.7 mm,累计量已达到125 mm;CX15点在11月6日架设第三道和11月17日架设第四道支撑期间的变形量更是达到了73 mm,平均日变形量为6.7 mm,基坑已经处于一种比较危险的状态。出现险情之后,现场的施工单位立即停止土方开挖施工,及时采取了应急措施。从监测数据来看,大变形的发展得到了基本控制,所采取的措施起到了控制险情进一步扩大的作用,保证了工程的安全。

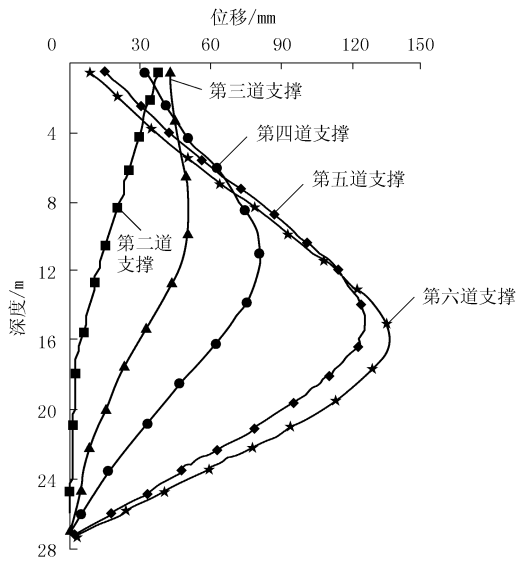


图7 CX16点不同工况条件下测斜曲线

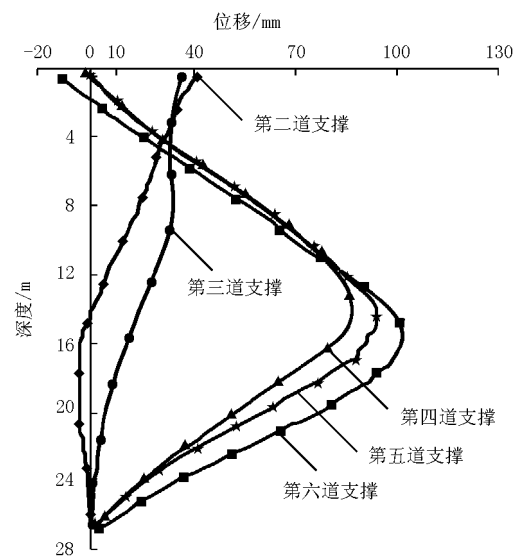


图8 CX15点不同工况条件下测斜曲线

图7、图8是CX16、CX15点处地下连续墙在不同工况条件下的测斜曲线。从中可以看出,基坑开挖以来,地下连续墙的水平位移一直处于比较大的

### 3.2 原因初探

(1) 土层性质是引起基坑异常变形的内在原

因。根据该车站基坑的地质勘查报告,基坑开挖面(标准段开挖深度15 m)位于的⑤<sub>1-1</sub>土层为具有高压缩性的灰色粘土,有较明显的触变及流变特性,在动力作用下土体强度极易降低;地下墙墙趾(标准段墙深为28 m)位于⑥层暗绿色粉质粘土和⑦<sub>1</sub>层草黄色砂质粉土,属中压缩性土层,其中的⑥层硬土层为局部分布,⑦<sub>1</sub>为砂性土的承压水层。本工区土层的③层、④层、⑤<sub>1-1</sub>层土为流塑~软塑粘性土,含水量高、孔隙比大、压缩性高、强度低及渗透性差,具有较大的流变特性等,导致围护结构稳定性差。

(2)建筑物超载作用的影响是其外在原因。该基坑工程在设计阶段是按照南边2幢建筑物拆除的原城市规划方案来进行设计的,故只考虑了该处的施工荷载。但实际施工阶段,由于各方面原因,这2幢建筑物并未拆除,而且距离基坑只有6~7 m,局部仅为3.7 m,处于对基坑构成直接影响范围内,其所产生的70 kPa的建筑物超载加上临时施工荷载,远远超过设计时所考虑的20 kPa的施工荷载大小。从图7、图8的监测数据变化曲线可以看出,该处的建筑物超载对基坑变形构成了直接影响。尽管现场施工单位在基坑开挖过程中严格遵循时空效应理论进行施工,但自基坑开始施工以来,地下墙的水平位移就一直处于比较大的状态,远远超过了规范所要求的变形控制标准。可见,临近建筑物的超载作用对基坑变形的影响是比较显著的。

#### 4 结语

通过对该车站基坑施工中所出现险情的分析,得到以下几点结论,希望其他类似工程能加以借鉴。

(1)在基坑施工过程中,临近建筑物的超载作用会引起基坑地下墙的测斜、附近地表沉降、建筑物沉降等多种监测指标变形速率突然地加剧,存在内在相互联系的各项监测指标的大变形会同时出现。

(2)基坑设计和施工前必须详细了解基坑的周边环境,掌握工区内建筑物与各种地下管线设施的分布及变动情况。尤其是当工程开始实施后,要根据现场的实际情况,采取必要的措施应对施工条件的变化。

(3)建筑物的超载作用对基坑变形的影响是显著的,施工过程中必须加强现场监测工作,保证基坑工程安全顺利施工。

#### 参考文献:

- [1] 刘建航,侯学渊. 基坑工程手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1997.
- [2] 赵锡宏. 高层建筑深基坑围护工程实践与分析[M]. 上海:同济大学出版社,1996.
- [3] 郭力群. 某泵站基坑开挖监测分析[J]. 西部探矿工程,2005,17(1):30-32.
- [4] 可洪有,等. 浅谈深基坑事故原因与对相邻建筑物的影响[J]. 建筑技术开发,2005,32(1):28-30.
- [5] 杨国伟,刘建航. 邻近建筑物或地面超载作用下围护结构水平位移与坑周地表沉降关系研究[J]. 地下工程与隧道,2002,(3):11-14,32.

## 我国首次探明鄂尔多斯盆地地下水总量

**中国地质调查局网站消息** 2006年12月12日,中国地质调查局召开新闻发布会,国土资源部党组成员、中国地质调查局局长孟宪来到会并介绍了情况。我国科学家首次探明了鄂尔多斯盆地区域地下水补给资源总量为105亿m<sup>3</sup>/年,可采资源量为58亿m<sup>3</sup>/年,目前开采量为11亿m<sup>3</sup>/年,开采潜力为47亿m<sup>3</sup>/年,为鄂尔多斯能源基地规划与建设提供了水资源基础数据。

鄂尔多斯盆地形成于5亿到1亿年前,地跨陕西、甘肃、宁夏、内蒙古和山西5省区,是我国重要的煤炭、石油、天然气等矿产资源基地。然而,该区域处于干旱~半干旱地区,降雨量少,生态环境脆弱,水资源短缺已成为制约当地经济社会发展、能源基地建设的重要因素。

1999年,中央财政投资启动新一轮国土资源大调查,将鄂尔多斯盆地地下水勘查项目列为首批重大项目。几年来,共投入经费1.039亿元,有17个专业地质调查队伍和科研院所、高等院校500多名科技人员参与联合攻关。2001~2004年,国际原子能机构先后两次支持经费80万美元,开展地下水同位素专题研究。美国、澳大利亚、法国等科技人员

参与了重点专题研究。

通过各有关方面的共同努力,我们已经系统查明了全盆地地下水资源状况和开发利用前景,取得了地质、水文地质研究等方面的一系列最新成果。

中国地质调查局西安地质矿产研究所教授级高工、鄂尔多斯盆地地下水勘查项目负责人侯光才说,预计整个鄂尔多斯盆地2010年工农业总需水量为70亿m<sup>3</sup>/年,2030年将达到90亿m<sup>3</sup>/年。该地区地表水和地下水可用资源总量约为104亿m<sup>3</sup>/年,其中地下水可采资源为58亿m<sup>3</sup>/年,因此,目前探明的水资源总量基本能满足能源基地建设近期和中期用水需求。

目前,项目成果正在被陕、甘、宁、蒙、晋5省区经济社会发展规划所采用,取得了显著的社会经济效益。在项目实施过程中,采用“探采结合”的方式,为当地成井100多眼,累计出水量每日达33万m<sup>3</sup>,解决陕、甘、宁、蒙、晋5省区严重缺水地区的20多个城镇、上百个乡村及部分厂矿近57万人的饮用水困难。同时,项目成果直接为能源基地规划和建设、为能源矿产资源的开发利用提供了主要的水资源依据。