

复杂环境下基坑开挖监测与分析

陈生东^{1,2}, 简文彬^{1,2}

(1.福州大学 环境与资源学院, 福州 350002; 2.福州大学 岩土工程与工程地质研究所, 福州 350002)

摘 要: 旧城改造中由于周围环境复杂, 基坑开挖对土层产生扰动, 并引起围护结构的变形, 有可能造成基坑失稳。以复杂环境下基坑开挖为例, 讨论了基坑开挖监测方案, 分析了现场监测结果, 并指导现场施工开挖, 确保了围护结构本身和周围环境的安全, 信息化施工取得良好效果。

关 键 词: 基坑监测; 围护结构; 信息化施工

中图分类号: TU 473

文献标识码: A

Foundation pit excavation monitoring and analysis in complicated environment

CHEN Sheng-dong^{1,2}, JIAN Wen-bin^{1,2}

(1. College of Environment and Resources, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China;

2. Institute of Geotechnical and Geological Engineering, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: In the rebuilding of old city, because of the complexity of ambience, foundation pit excavation can cause disturbance to the soil, and bring the distortion of retaining structure, the stability of foundation pit could be lost. Taking an example about foundation pit excavation in complicated environment, the monitoring scheme of foundation pit excavation is discussed; the monitoring result is and analyzed so as to guide construction excavation. The safety of retaining structure and ambience is ensured; informational construction is made.

Key words: foundation pit monitor; retaining structure; informational construction

1 引 言

近年来, 随着城市建设的高速发展, 对地下空间的开发利用大大增加, 出现了大量在密集建筑群中施工的基坑工程^[1], 其周围环境复杂。基坑施工过程中, 只有对基坑支护结构、基坑周围的土体和相邻的建筑物进行系统、全面地监测, 并将信息及时反馈给有关单位, 判断支护结构及周边环境安全状态, 才能确保工程施工的顺利进行^[2]。

2 场地岩土工程条件

某建筑地上13层, 地下一层, 基坑开挖深度约5~6 m, 建筑占地面积10 133 m²。场地南侧为1~2层民房, 距基坑边线约6 m; 西侧道路为已建一期工程, 北侧为需要保护的文物单位故居、建设银行大楼; 东侧为街道。周边环境复杂, 基坑开挖应确

保对周边建筑及道路不产生破坏。本场地地层自上而下依次为: ①杂填土; ②淤泥质填土; ③黏土; ④淤泥; ⑤粉质黏土; ⑥淤泥质土夹薄砂。基坑开挖范围内的地下水主要为上部杂填土中的上层滞水。各土层的物理力学性质指标如表1。

3 基坑围护设计

本基坑侧壁安全等级为二级, 周边附加荷载均按10 kPa考虑。根据工程面积大、工期紧的特点, 基坑支护采用水泥搅拌桩重力式挡墙支护。考虑到场地北侧为需重点保护的文物单位, 故北侧采用钻孔灌注桩排桩与水泥搅拌桩联合支护, 并在桩顶加设一道800 mm(宽)×300 mm(厚)的钢筋混凝土冠梁, 以保护故居。基坑内坑底还采用水泥土搅拌桩加固被动区, 搅拌桩长3 m或4 m。水泥搅拌桩桩径为 $\phi 550$ mm, 间距450 mm, 搭接长度100 mm。

表1 场地主要土层的组成及指标
Table 1 The main soils composition and their indexes

层号	土层名称	埋深 /m	天然密度 / $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$	内摩擦角 /kPa	粘聚力 / ($^{\circ}$)
①	杂填土	2.6	18.0	12.0	15.0
②	淤泥质填土	4.7	16.0	10.0	10.0
③	黏土	6.4	18.0	22.0	12.0
④	淤泥	8.5	15.3	9.7	8.9
⑤	粉质黏土	13.2	19.0	28.2	14.8
⑥	淤泥质土夹薄砂	18.9	17.3	12.8	13.4

水泥均采用C32.5级普通硅酸盐水泥，水灰比为0.55-0.61。基坑监测平面布置见图1，围护结构剖面示意图见图2。

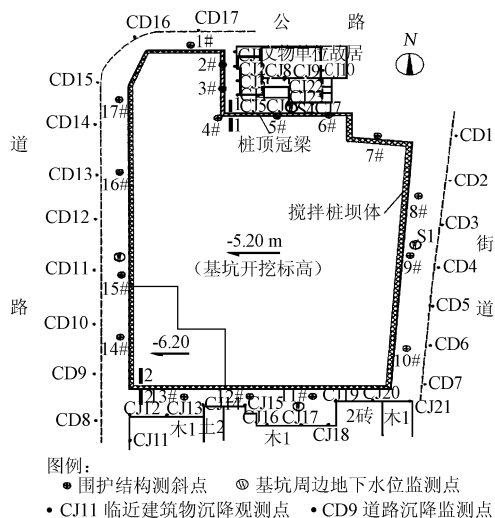


图1 监测点平面布置图

Fig.1 Layout of monitoring points

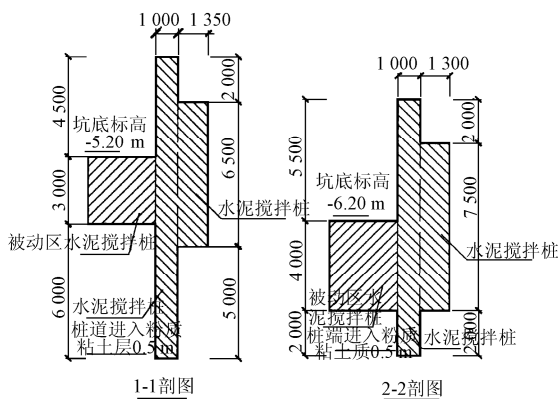


图2 围护结构剖面图 (单位: mm)

Fig.2 Profile of retaining structure (unit: mm)

4 现场监测

4.1 监测目的

本工程为软土地基，大面积基坑开挖必然对周围环境造成影响，为确保基坑开挖过程中支护结构本身和邻近建筑物（特别是文物保护单位故居）及周围地下设施的安全，实行信息化施工、信息化管理，根据设计与有关规范要求，必须对支护结构、邻近建筑及道路等进行施工监测^[3]。要求通过施工监测，掌握基坑开挖过程中支护结构变形，周边变化情况，将信息及时反馈给有关单位，判断支护结构及周边环境安全状态，指导施工，当出现异常时，及时报警，并采取必要措施，以确保支护安全^[3]。

4.2 监测内容及测点布置

由于周边环境复杂，需保护的建筑物及道路对基坑开挖变形要求高，因此，本工程对以下内容进行监测（基坑主要监测点布置如图1）：

（1）支护结构侧向变形监测（测斜）：采用直径70 mm测斜管埋设于基坑外水泥搅拌桩或土体中，采用钻孔法埋设，共布12个测斜点，埋深约14 m；北侧林觉民故居将测斜管埋设在钢筋笼内，共布5个测斜点，埋设长度与桩长基本相同。并且开挖前要取得基数。

（2）周边邻近建筑沉降观测：在南侧民房靠近基坑一侧的建筑物外墙上布置10个沉降观测点，北侧文物单位故居靠近基坑侧外墙（围墙）布7个沉降观测点，故居内原先布置3个沉降测点，后又增加2个沉降测点，采用专用测量钉，在开挖前完成测点埋设，测得初始值且不应少于两次^[4]。

（3）文物单位建筑裂缝观测：开挖前对文物建筑裂缝进行调查、观测并做观测标记，并摄影存底。在开挖过程中，进行观测、观察，并记录。

（4）道路路面沉降观测：在东侧街道及一期道路、北侧公路靠近工地一侧地面共布设17个沉降观测点，开挖前取得基数。

（5）基坑周边地下水位监测：布4个测点，测管深度6~7 m，观测地下水位变化情况。

4.3 基坑开挖监测预警指标与报警

（1）基坑支护结构的最大水平位移大于基坑开挖深度1/200，或位移速率连续3 d大于3 mm/d且位移速率出现增大趋势^[5]。

（2）周边建筑砌体出现大于3 mm的变形新裂缝或原有裂缝增大1 mm，混凝土梁柱出现新裂缝或原有裂缝出现增大、延伸现象；地面出现大于15 mm裂缝，且上述裂缝尚可能发展。

（3）建筑物的不均匀沉降已大于规范规定的允

许值,或倾斜速率已连续3 d大于 $0.0001 H/d$,其中 H 为建筑物承重结构高度。

(4)基坑底部或周围土体出现可能导致剪切破坏的迹象或其他可能影响安全的征兆(如涌土、隆起、陷落等)。

5 监测结果及分析

5.1 围护结构水平位移监测

本工程围护结构的水平位移随基坑开挖的进程而呈现出明显的变化规律:当基坑开挖时,各测斜监测点的位移相应地变大;当开挖完毕时,位移又相应地趋于缓慢并逐渐收敛。图3~图5为围护结构水平位移的监测结果,本文只列了部分有代表性测斜点进行分析。

由图4所示,4月6号到12号开挖速度过快,又逢雨季,13#测点围护结构出现险情,位移速率最大值达 19.01 mm/d ,超过警戒值。现场观察,12#与13#测点后的临时工房与地面出现多道裂缝,最大缝宽达 25 mm 。为保护支护结构的安全,施工方采取了紧急措施:在该段支护结构的中部,预留一部分土方没开挖,并堆沙包进行反压。从图上可以看出,经紧急措施处理后,13#测点的位移曲线渐渐趋于稳定,裂缝也趋于稳定,有效地控制了该段围护结构的变形。图5为15#测点的桩体位移情况。由于4月24号到28号对西段基坑开挖过快,15#测点位移速率偏大,最大位移速率 31.48 mm/d ,严重超过警戒值。并且,围护结构后面地表出现裂缝,缝宽达 $30\sim 40\text{ mm}$ 。“五一”期间连降大雨,施工方根据监测报告,立即采取紧急措施,用水泥浆封住地表裂缝,再铺设一层防水布。受基坑开挖的影响,距该段基坑开挖边线约 15 m 一期道路中间出现两条裂缝,缝宽约 $5\sim 25\text{ mm}$,发展方向与基坑

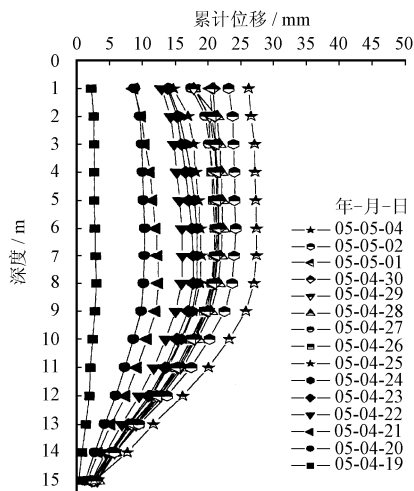


图3 6#位移曲线

Fig. 3 Displacement curves of hole #6

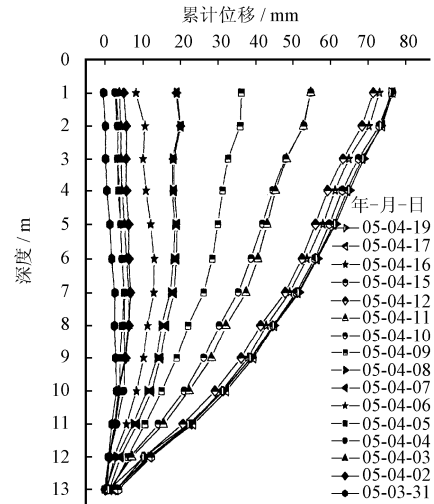


图4 13#位移曲线

Fig. 4 Displacement curves of hole #13

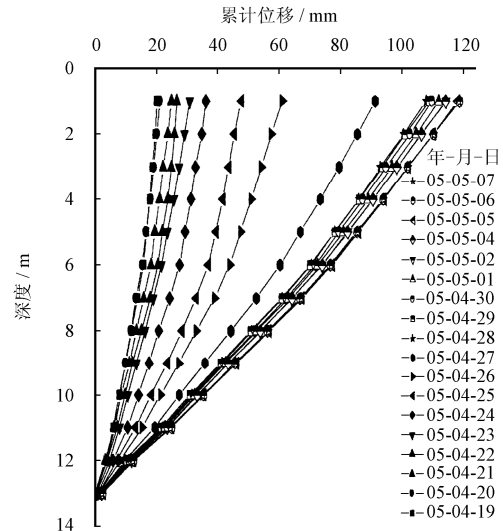


图5 15#位移曲线

Fig. 5 Displacement curves of hole #15

边界平行。综合该两次险情处理及事后观察分析认为,出现险情的主要原因:①开挖速度快;②降水影响,地表水渗入裂缝,会进一步加大裂缝;③基坑外边界堆载影响,西段桩后堆放有砖石等,并有施工车辆进出,对围护结构变形造成一定影响。

由图4和图5所示,13#测点与15#测点的位移曲线呈直线倾斜状^[6],而6#测点的位移曲线呈鼓肚式。为保护文物故居,基坑北侧采用钻孔灌注桩排桩与水泥搅拌桩联合支护,并在桩顶加设一道钢筋混凝土冠梁。13#测点与15#测点埋设在水泥搅拌桩中,6#测点埋设在钻孔灌注桩中。比较上图位移曲线可知,采用顶部有冠梁的钻孔灌注桩排桩与水泥搅拌桩联合支护,可更好地控制围护结构变形,保护文物故居。

5.2 周边建筑物及道路沉降观测

在整个基坑开挖施工过程地表沉降监测中,东

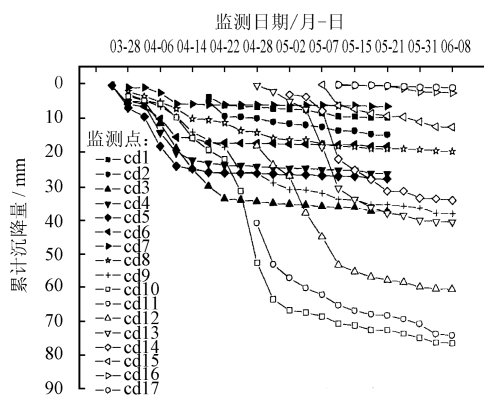


图6 道路沉降曲线

Fig. 6 Settlement curves of road

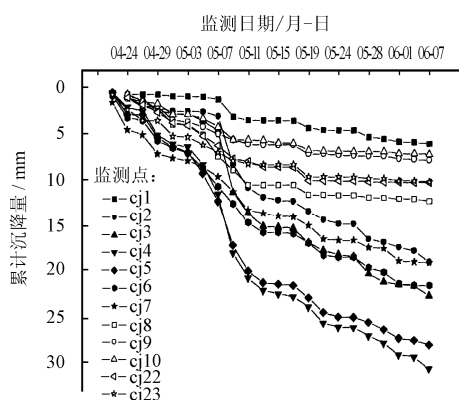


图7 文物单位故居沉降曲线

Fig. 7 Settlement curves of old residence

侧街道最大沉降37.40 mm，西侧一期道路最大沉降为76.61 mm，北侧文物单位故居最大沉降为30.56 mm，如上图6与图7所示。从图可以看出，道路沉降与围护结构水平位移发展基本上相适应，即当围护结构发生最大水平位移时，邻近建筑物的沉降也最大；当支护结构相对比较稳定时，邻近建筑物的沉降也就趋于稳定。

5.3 文物建筑裂缝观测

表2是文物建筑故居部分裂缝观测记录。由记录可以看出，裂缝发展比较复杂，不仅原有裂缝发展较大，还出现了许多新裂缝。在现场观察中，故居的后花园墙面还出现鼓张裂缝。基坑开挖期间，裂缝发展速率经常超过警戒值，多位于故居西侧，其原因是该处支护结构的主动土压力较别处大，而且恰逢雨季，基坑开挖后坑底施工又跟不上。

5.4 坑外地下水位观测

沿基坑四周各布置水位管1根，以观测坑外地下水位随土方开挖的变化。监测数据表明（如图8），由于水泥搅拌桩有很好的隔水作用，开挖期间也未采取降水措施，坑外地下水位在开挖期间变化不大。

表2 故居裂缝实测值（单位：mm）
Table 2 Actual crack of old residence (unit:mm)

裂缝 编号	首次记 录缝宽	最终记 录缝宽	裂 缝 描 述	备注
7	15.0	15.0	木柱与墙之间隙缝	
8	0.2	1.4	墙体竖向交接缝	
11	3.2	3.9	墙体水平裂缝	
12	0.5	0.5	隔墙水平裂缝	
13	0.2	0.4	门右上方斜裂缝	新增观测点
14	0.75	1.0	墙体竖向裂缝	新增观测点
16	0.10	0.7	绿萼门拱竖向裂缝	新增观测点
17	0.10	0.8	绿萼门墙与墙体竖向	新增观测点
18	0.55	1.4	墙体竖向裂缝	新增观测点
19	0.40	1.7	墙体转角裂缝	新增观测点
20	0.25	0.3	墙体竖向裂缝	新增观测点
21	1.20	2.0	墙体转角裂缝	新增观测点

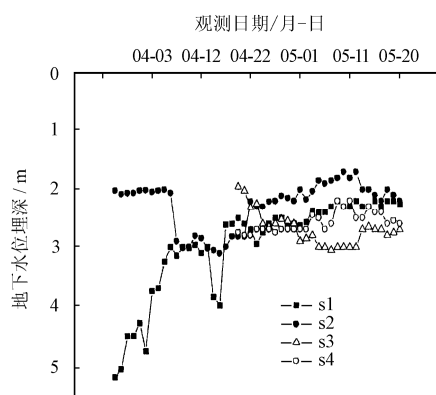


图8 地下水位变化曲线

Fig. 8 Variation curves of groundwater level

6 结 语

本工程在复杂周边环境下，基坑开挖采取了围护结构水平位移监测、周边建筑沉降及裂缝观测、道路沉降观测、地下水位观测等多指标综合监测技术。根据监测结果调整开挖顺序、开挖方法，出现险情时采取措施，确保了支护结构的安全，也减小了对周边环境的影响，信息化施工在基坑开挖中的作用是十分明显的。

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] 李耀良, 徐安军, 王建华. 上海 M8 线西藏南路站 6 区基坑的监测与分析[J]. 地下空间与工程学报, 2005(4), 603—606.
- [3] 张建新, 刘利民. 监测资料分析指导深基坑开挖的工程实例[J]. 建筑技术, 1997, (1): 12—16.
- [4] 《建筑基坑支护技术规程》编写委员会. 建筑基坑支护技术规程[J].
- [5] 林宗元主编. 岩土工程试验监测手册[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1994.
- [6] 陈志波, 简文彬. 位移监测在边坡治理工程中的应用[J]. 岩土力学, 2005, 26(5): 306—309.