

上海浦东国际机场二期登机长廊基坑监测分析

水伟厚, 李 广, 李国章, 孙 斌

(上海现代建筑设计集团申元岩土工程有限公司, 上海 200011)

摘 要:对上海浦东国际机场二期基坑工程(全长 1422 m)进行围护桩顶水平位移监测、坑外土体深层水平位移监测、锚拉钢筋受力监测等监测,从中得到了一些有益的结论,可供设计、施工和监测参考。

关键词:基坑;钢板桩;监测

中图分类号: TU94

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2006)S0-1819-04

作者简介:水伟厚(1976-),男,博士,国家注册土木工程师(岩土),从事岩土工程的设计、监测与检测技术研究。

Excavation monitoring of Shanghai Pudong International Airport

SHUI Wei-hou, LI Guang, LI Guo-zhang, SUN Bin

(Shanghai Modern Architectural Design Group Shen Yuan Geotechnical Engineering Co., Ltd., Shanghai 200011, China)

Abstract: The horizontal displacements of outer protective of the top pile, the deep ground outside the hole and the stress of the warping reinforcing steel bar during the second stage excavation project of Shanghai Pudong International Airport (about 1422 m in length) were monitored. These displacements and stress data were useful for the engineering, construction and monitoring.

Key words: excavation; steel sheet piling; monitoring

0 引 言

浦东机场二期扩建工程主要包括飞行区、航站区、货运区、综合配套等 4 大类近百余个单体工程,建设时间之紧、任务之重、施工难度之大前所未有的。全长 1422 m 的登机长廊,将一期、二期航站楼有机地连成一体,方便旅客中转,避免了航站楼边车道不够的问题。本文对浦东国际机场二期登机长廊基坑工程的围护桩顶水平位移、坑外土体深层水平位移、锚拉钢筋受力等进行了监测和分析,从中得到了一些有益的结论^[1]。

1 工程与工程地质概况

基坑总 1422 m, ±0.00 相当于绝对标高+5.18 m, 基坑北侧自然地坪相对标高-0.88 m, 南侧自然地坪相对标高-0.73 m, 基坑开挖深度 6.62~7.37 m。基坑开挖深度范围内涉及的土层有 5 层, 及主要物理学指标见表 1。

表中吹填土 层, 状态松散;砂质粉土 -3 层状态稍密, 这些土层在一定的水头差下会产生流砂, 是本工程施工的防范重点和监测重点。场区浅部地下水类型为潜水, 补给来源主要为大气降水, 其水位埋深在 0.5 m 左右。水位变化受气候、季节、潮汐影响。

2 基坑围护设计方案简介

登机长廊地下部分主要由共同沟、预留捷运通道和预留行礼通道组成, 大部分采用拉锚钢板桩(拉森钢板桩)围护。拉森钢板桩是一种铰合式排桩, 属于半止水的挡土桩, 锚拉桩法已较普遍地应用于浅基坑施工中, 其特点是刚度高, 利于运输, 利于提高施工进度, 材料能回收重复使用等^[2]。

长廊 1~38 轴基坑长约 700 m, 宽 10~16 m, 开挖深度 6.62~7.37 m, 围护桩结构设计采用拉森 5 号钢板桩, 长度为 12 和 15 m 两种。采用小锁口打入方式打设, 沉桩前在锁口内嵌填沥青, 密封止水, 保证围护钢板桩桩间接缝密实。锚拉钢筋采用 1Φ32 钢筋, 锚拉钢筋长度为 13 和 15 m。如图 1、2 所示。

3 监测内容

监测内容主要为 4 项: 围护桩顶水平位移监测、坑外土体深层水平位移监测、锚拉钢筋受力监测、地下水位观测, 总共布置了 151 个桩顶的水平位移监测点、76 个钢筋应力传感器、75 个深度为 15 m 的坑外

基金项目: 上海现代建筑设计集团基金资助项目: 上海市工程建设规范《基坑工程施工监测规程》编制(200503006-结)
收稿日期: 2006-05-22

表 1 各土层分布及主要物理力学指标

Table 1 The physicommechanical indices of the soil

土层	土层名称	层厚 /m	重度 /($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	φ /($^{\circ}$)	c /kPa	渗透系数 /($\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$)
	吹填土	3.07	18	22	0	
-2	粘质粉土夹淤泥质粉质粘土	1.7	17.9	26	8	1.31×10^{-5}
-3	砂质粉土	1.8	18.1	31.5	4	9.21×10^{-5}
-1	淤泥质粉质粘土	2.2	17.3	17	11	6.68×10^{-7}
-2	砂质粉土	2.3	17.8	30.5	2	3.65×10^{-5}
	淤泥质粉质粘土	9.2	16.5	11	14	4.9×10^{-8}
1-1	粘土	9.8	17.1	12.5	15	5.51×10^{-8}

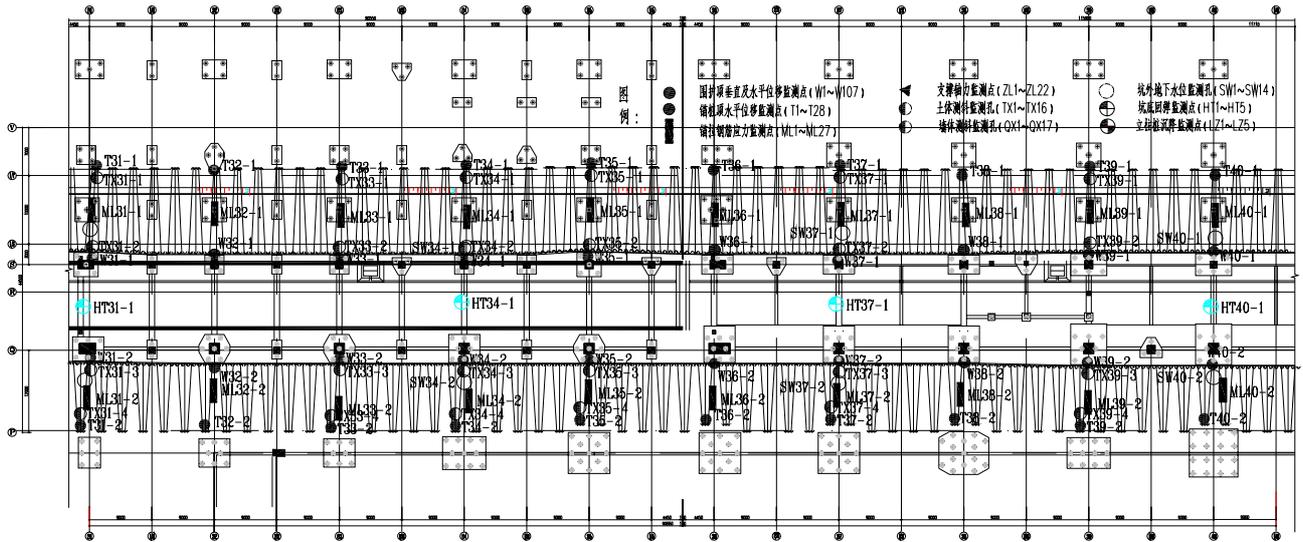


图 1 围护结构与监测点平面布置示意图

Fig. 1 The layout of the retaining structures and monitoring points

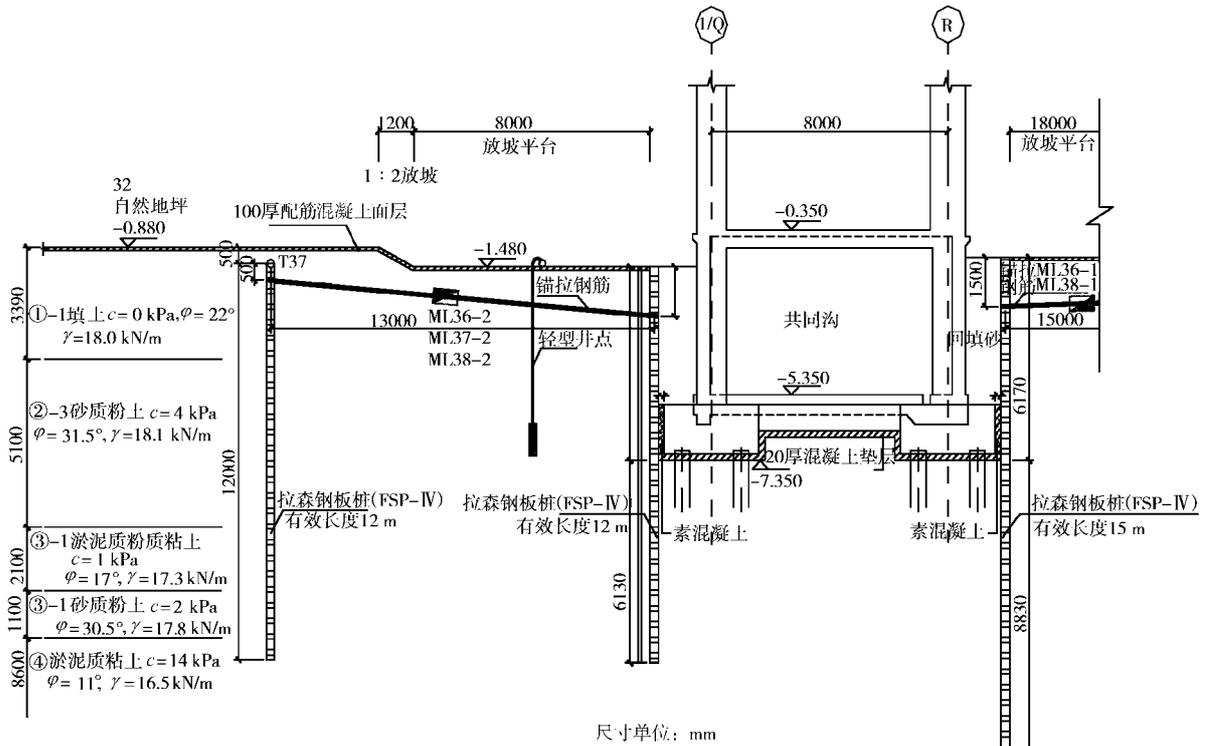


图 2 围护结构与监测点布设剖面示意图

Fig. 2 The generalized section of the retaining structures and the monitoring points

(每间隔 18 m) 钢板桩、锚拉桩、锚拉钢筋各布置一组桩顶的水平位移监测点、钢筋应力传感器;所有单轴线上土体测斜孔和 26 个坑外地下水观测孔。

根据设计要求及现场施工条件^[1],所有轴线上(每间隔 36 m)近钢板桩、锚拉桩各埋设一组土体水平位移测斜管;每隔 54 m 基坑两侧各埋设一组地下水位管,基坑底埋设一组坑底回弹管。

4 监测数据综述

浦东国际机场二期登机长廊工程施工分 4 个阶段:降水、挖土阶段、底板施工阶段、顶板施工阶段。

随着开挖的进行,围护结构的垂直位移大量发生,延续一周,位移量达到最大值。之后变化较平稳,南侧的 W37-2 测点与北侧的 W37-1 测点变化规律相似,但量值较大,在底板施工后基本稳定,见图 3。

T37 测点内侧钢板桩处土体最大水平位移及对应工况见图 4。可以看出,在挖土阶段的 2 月 28 日至 3 月 3 日,与顶板施工阶段的 3 月 21 日至 4 月 1 日,最大水平位移均较稳定。大量变形发生在 3 月 3 日至 3 月 21 日的垫层与底部施工期间。原因是挖土速度较快,土体及围护结构来不及变形,使土体平衡状态被改变、内力变化较大阶段的变形延续到后期才发生。

基坑开挖期间,坑外土体及围护桩顶位移及速率均明显增大。每一断面挖土周期约 3~5 d,土体位移量一般 6~14 mm,桩顶位移量 10~15 mm,日变化量 3 mm 左右。局部桩土之间可见 3~10 mm 宽的裂缝。其中钢板桩位移大于锚拉桩位移量,近基坑的土体水平位移大于较远的土体水平位移。随着挖土的深度增加,位移量也相应增大。

从图 5 可以看出,锚桩桩顶垂直位移变形特点与围护桩类似,挖土期间的大量卸荷导致变形大幅发生,滞后的变形大部分发生在做垫层期间。在垫层施工完成后变形基本稳定。在挖土施工完成后 3~5 d,垫层素混凝土到达一定强度后,桩顶位移开始迅速收敛,土体位移变化速率也逐渐减小。挖土施工完成一周后(一般垫层施工结束)围护及土体基本稳定。

围护结构及土体因为坑内外水土压力差增大而发生整体向基坑内侧方向位移。其反力主要依靠坑内围护桩下部土体被动土压力以及通过锚拉钢筋作用在后排的锚拉钢板桩的被动土压力。连接围护桩与锚桩的拉杆的应力大小及变化速率可以为分析围护结构受力提供一些依据。锚拉钢筋受力曲线如图 6 所示。

可以看出,实测的锚拉钢筋拉力值为 5~50 kN,随工况不同有所变化。土体开挖导致钢筋拉力突增,

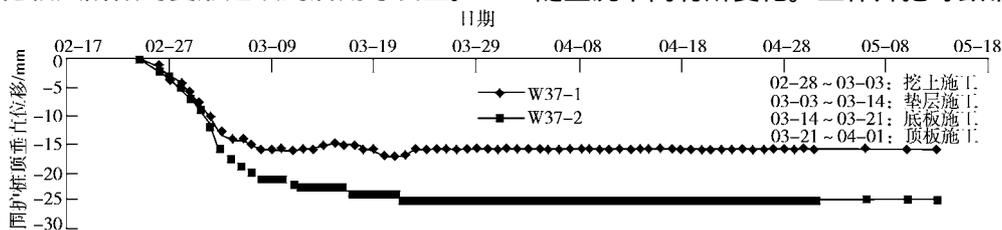


图 3 W37 测点围护钢板桩桩顶垂直位移值及其对应工况

Fig. 3 The vertical displacements of the enclosing steel sheet piles and the working condition at W37

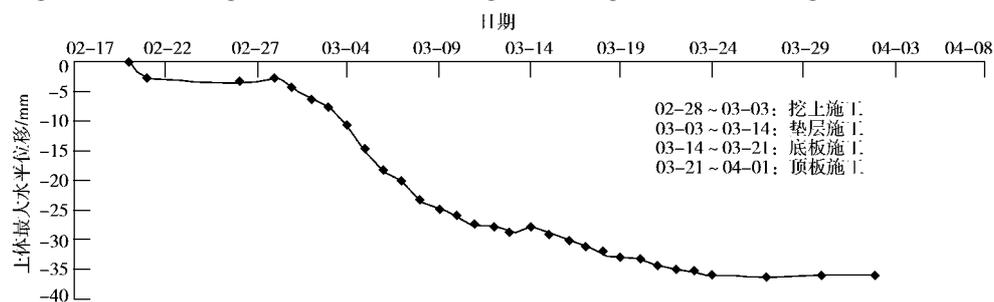


图 4 TX37 测点内侧钢板桩处土体最大水平位移值及其对应工况

Fig. 4 The range horizontal displacement of the enclosing steel sheet and the working condition about the TX37

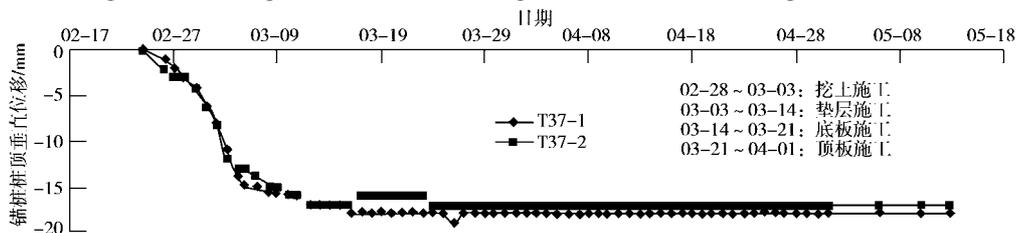


图 5 T37 测点锚桩桩顶垂直位移值及其对应工况

Fig. 5 The vertical displacements of the piles and the working condition at T37

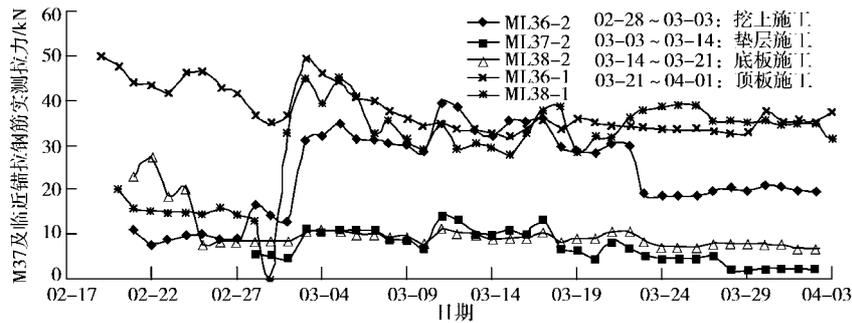


图6 ML37 测点及临近锚拉钢筋实测轴力及其对应工况

Fig. 6 The force of the reinforcing steel bars and the working condition at ML37

表2 三个施工工作段最大变化数值

Table 2 The maximum changeable values during the three working periods

监测项目	土体(内侧)/mm	土体(外侧)/mm	钢板桩顶/mm	轴锚拉桩顶/mm	钢筋受力/kN	地下水位/cm
1~9轴 东侧	-30.96	-18.63	-23	-24	79.7	-82
1~9轴 西侧	-33.35	-17.91	-23	-17	30.5	-67
10~30轴 东侧	44.56	-28.74	-35	-28	52.2	-55
10~30轴 西侧	-41.49	-28.37	-30	-24	46.4	-80
31~38 东侧	-35.12	-34.29	-32	-21	108.8	-97
31~38 西侧	-36.52	-24.8	-27	-25	60.6	-161

增幅在 20%~300%。ML38-1 和 ML36-2 点增幅达到 300%左右, ML37-2 和 ML38-2 在整个过程中虽有波动, 但增幅不大。基坑北侧锚拉钢筋内力较南侧大。土体应力平衡状态被打破后应力的重分布与自协调导致部分锚拉钢筋内力在各个阶段变化不明显。

图 6 可以较直观地反映出钢筋受力变化与施工的关系。设计要求单根锚拉钢筋需预加应力 100~150 kN, 一般预应力施加后很快减小, 12 h 后已稳定在 5~50 kN。基坑内挖土施工后围护桩位移使得锚筋受力有所增加。主要是锚筋受力增大同时锚拉桩也开始位移, 锚筋受力会损失一部分。但若锚筋上面挖去之覆土被回填, 锚拉钢筋受力则持续增大。到达其峰值后稳定在某一范围, 且起伏较大。相反若锚筋上面挖去之覆土未被回填, 则锚筋受力不易稳定, 起伏较大。所以, 锚拉钢筋受力的大小不仅与预加应力的大小有关, 与围护桩及锚桩位移和覆土是否回填等都有很大的关系, 故应及时回填锚筋上面挖去之覆土。

6 施工工作段监测数据变化的特性

长廊基坑围护采用对称锚拉形式, 监测数据也明显呈现对称的规律特性, 但每一施工工作段又因开挖时间(气候)、挖土速度、出土方式、降水程度的差异而略有不同。若开挖时值春季, 单向开挖, 长廊内通道出土, 监测数据变化趋势及速率亦相似。若开挖时为降雨较多的春夏交替季节, 采用两侧出土的挖土方式, 挖土速度较快, 监测数据变化量及速率相对略大一些。第三施工段挖土较快, 开挖面积较大, 也就容易形成后续施工步骤难以及时跟进, 致使开挖的基坑局部暴露时间较长, 加上本身是无支撑结构的围护设

计, 这使得监测数据变化量及速率相对略大。这反应出挖土施工进度与安全程度之间此消彼长的关系。如各施工段最大变化数值和分别提取一个监测断面的数值, 如表 2 所示。

7 结 语

(1) 锚拉钢板桩围护的垂直位移和水平位移变化存在滞后效应, 变形达到最大值发生在挖土到底一周左右, 之后变化较平稳, 并逐渐收敛;

(2) 每一断面挖土周期约 3~7 d, 期间锚拉钢板桩围护边土体位移量一般可达 6~14 mm, 桩顶位移量可达 10~15 mm, 日变化量 3 mm 左右;

(3) 实测的锚拉钢筋拉力值为 5~50 kN, 随工况不同有所变化。一般预应力施加后很快衰减, 锚拉钢筋受力的大小不仅与预加应力的大小有关, 还与围护桩及锚桩位移和覆土是否回填等有很大关系, 建议及时回填锚筋上面挖去之覆土。

致谢: 参与本工程监测和资料整理的还有曹晖、徐骏、王超、毛家跃、张武军、周兵等, 在此一并表示感谢!

参考文献:

- [1] DGJ08-11-1999 地基基础设计规范[S]. 1999: 268-272. (DGJ08-11-1999 Foundation design code[S]. 1999: 268-272.)
- [2] DBJ08-61-97 基坑工程设计规范[S]. 1997: 103-105. (DBJ08-61-97 Code for design of excavation engineering[S]. 1997: 103-105.)