

温州世贸中心基坑工程施工监测

水伟厚, 杨刘柱, 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: 信息化对高层建筑深基坑支护施工和土方开挖具有预测和指导作用, 20 m 深的温州世贸中心基坑工程实例说明施工及监测运用的标准、测点埋设和技术分析是有效的, 对软土地区深基坑工程的设计、施工和监测有借鉴意义。

关键词: 深基坑; 地下连续墙; 内支撑; 监测

中图分类号: TU753 文献标识码: A 文章编号: 1000-4548(2006)S0-1811-04

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

Construction and monitoring of deep excavation of Wenzhou World Trade Center Building

SHUI Wei-hou, YANG Liu-zhu, CAO Hui, SUN Bin

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

Abstract: The information work has the effect of forecast and direction on the supporting construction and earthwork excavation of the deep excavation in the high buildings. A 20 m-deep excavation in Wenzhou World Trade Center Building has explained that the criterion of the construction and inspection, the layout of monitoring point and the technical analysis are available. It is useful for the design, construction and monitoring of similar engineering in the soft ground area.

Key words: deep excavation; diaphragm wall; inner support; monitoring

0 工程概况

温州世贸中心大厦工程位于温州市中心, 横跨荷花路, 东临解放南路和山前河, 南临马鞍池路, 西、北面为商贸广场, 基地占地面积 32146 m², 是浙江省第一高楼。整个建筑由地下四层地下室, 地上一幢 68 层的主楼及 8 层的裙楼层组成, 是一座集商业、娱乐、酒店、办公为一体的商务楼, 将成为温州市的标志性建筑。

1 工程地质概况

该场地位于温州海滨淤积平原, 地形平坦。在勘探深度内由杂填土、粘土、淤泥及淤泥质粘土、深部粘性土、坡残积粉质粘土混碎石、风化基岩等 9 个工程地质层和 18 个亚层组成。其中 -1 和 -2 的淤泥层, 夹薄层粉砂, 具水平微层理构造, 土性呈流塑, 高压缩性, 高灵敏度, 层厚 15.7~25.4 m, 全场分布。

-3 淤泥质粘土层, 层厚 1.5~9.6 m。

地下潜水水位较高, 埋深一般为 0.5~2.0 m, 勘

察过程中未发现明显的承压水。

2 基坑围护结构

本工程基坑开挖面积超过 16000 m², 开挖深度约 20 m, 为超大超深基坑工程。经过多种方案反复比较, 特别是考虑到地下连续墙多墙合一(挡土、止水和作为地下室外墙)的优越性等^[1], 决定采用地下连续墙+混凝土支撑作为本工程的围护结构。

主楼区域围护结构采用深 39.5 m、群楼区域采用深 36.3 m, 厚度均为 800 mm 的地下连续墙, 在垂直方向主楼区域设置五道支撑^[2](裙楼区域为四道支撑), 五道支撑的中心标高分别为 -3.3、-7.8、-11.0、-14.5、-16.65 m, 主楼部分与群楼部分的典型剖面图见图 1。水平支撑整体呈环型, 支撑中部设两座栈桥, 详见图 2。

3 监测内容

该基坑开挖深度近 20 m, 开挖深度在该地区尚属

基金项目: 上海现代建筑设计集团基金资助项目(200503006-结)

收稿日期: 2006-04-30

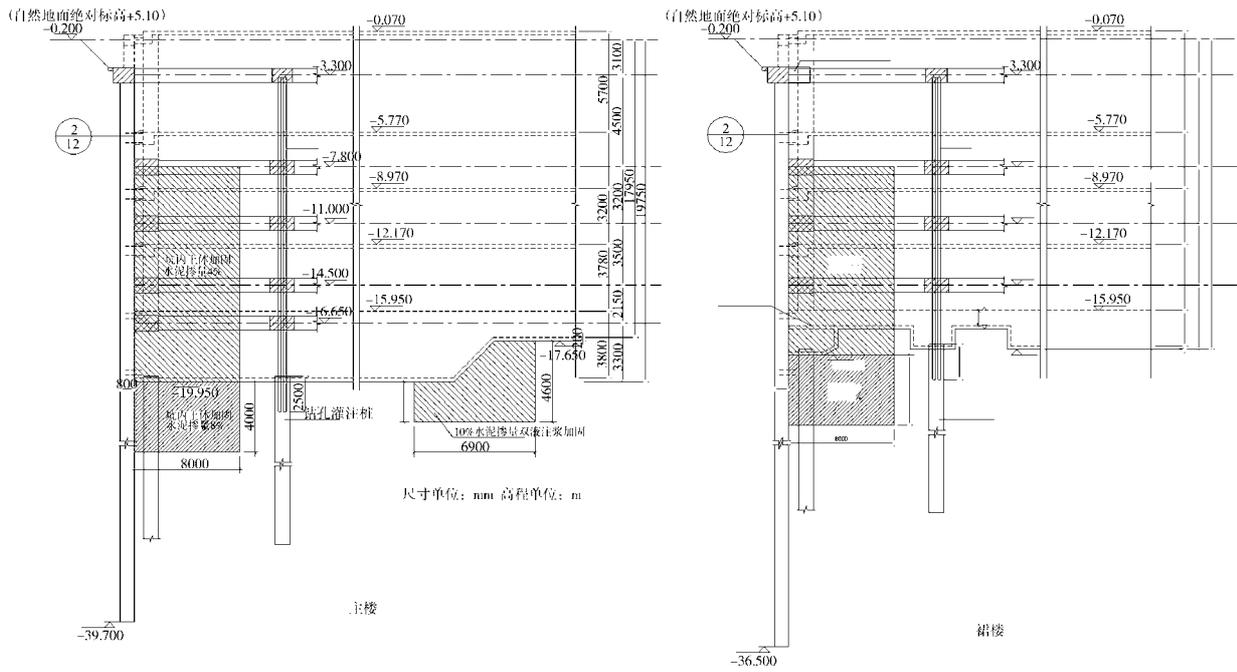


图1 基坑围护结构剖面图

Fig. 1 The section of retaining and protecting for excavation

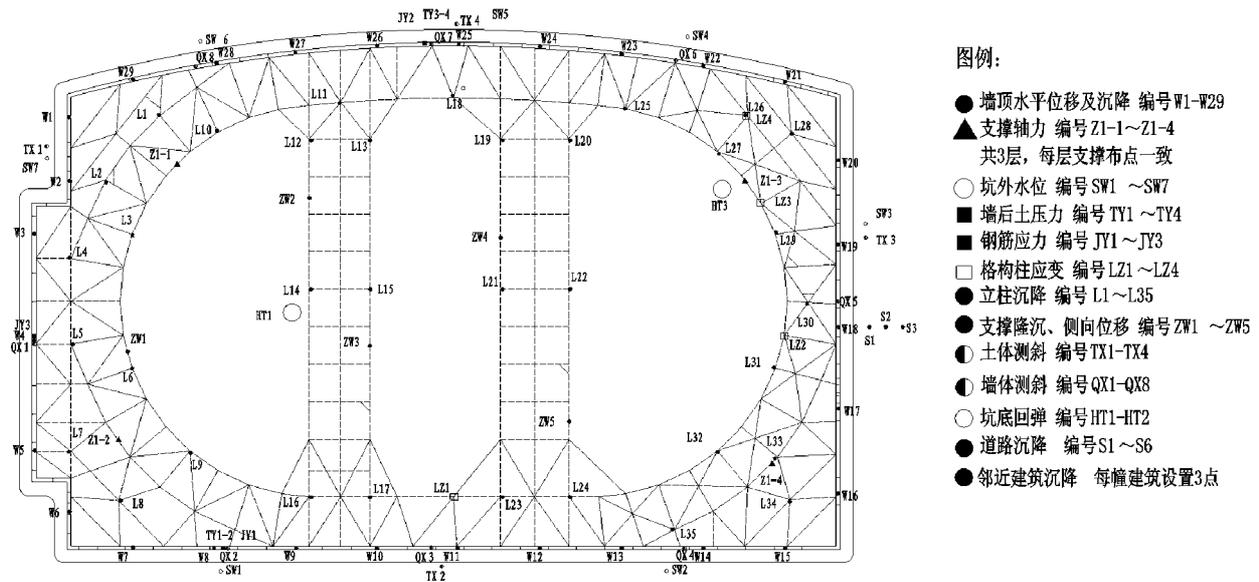


图2 围护结构与监测点布置平面示意图

Fig. 2 The sketch of monitoring points and retaining and protecting for excavation

首例，且基坑周边场地狭窄，东侧和南侧为繁华商业街，西侧和北侧为在建高层建筑施工工地，间距很近。场区在基坑开挖深度范围内皆为淤泥及淤泥质软粘土层，且地下水位很高。由于桩基施工及基坑开挖等而引起的岩土工程问题会给工程周边环境及基坑围护本身带来危害，因此，必须采用先进的仪器进行现场监测，实行信息化施工，为工程的安全提供、积累所需的资料，从而使工程处于受控状态。

根据相关规范及基坑围护设计方案，本工程设置了以下监测内容^[2]：邻近建筑、道路的垂直位移监测、

围护墙顶垂直及水平位移监测、围护墙深层水平位移监测（墙体测斜）、坑外土体深层水平位移监测（土体测斜）、基坑外地下水位监测、支撑轴力监测、立柱沉降监测、土压力监测、格构柱应变及钢筋应力测试、坑底回弹监测等内容，各监测点分布位置见图2。

4 监测结果与分析

温州世茂中心基坑开挖深，开挖面积大，历时长，监测数据多，资料丰富。限于篇幅，本文重点介绍该

超深超大基坑施工过程中墙体深层水平位移与支撑轴力的监测结果, 其它监测结果将另文进行对比分析。

4.1 墙体测斜

该工程共设置 8 个墙体测斜孔, 在第一皮土开挖完毕、圈梁制作完成后开始进行监测 (#1 测斜孔在隔壁商贸广场基坑开始施工时已进行监测)。各测斜孔的最大位移和在不同阶段下的位移速率的实测数据见表 1、2。

在不同阶段的位移与深度的典型曲线如图 3 所示的 #3 测斜孔。从表 1、2 和图 3 中可以看出: 墙体的最大水平位移为 -138.83 mm (“-” 值表示向基坑内位移), 与基坑开挖普遍深度 17 m 和墙体深度 36 m 之比分别为 0.8% 和 0.3%。在各阶段开挖过程中, 日变化量最大值出现在开挖面以下 1~4 m。

在第二皮土和第四皮土开挖过程中, 最大日变化量普遍大于其它开挖阶段, 其主要原因是第二皮土和第三皮土的落差较大, 在开挖过程中一次卸土量大, 地下连续墙凌空面大而致。第二皮土开挖阶段与第四皮土开挖阶段相比, 后者的位移速率大于前者, 而卸土量小于前者, 这说明在基坑开挖过程中随着深度的不断加深, 墙后主动土压力在纵深方向也是不断加大, 导致墙体变形加大, 基坑危险系数加大。另外, 阶段变化量的大小跟地墙处于无支撑的悬臂状态时间长短有关。

如图 3 所示: 最大位移的深度, 随着基坑的开挖逐渐下移, 出现在开挖面以下 1~2 m 处。

4.2 支撑轴力

本工程共设置 12 个支撑轴力监测断面, 在此仅对 1-1、2-1、3-1、1-3、2-3、3-3 六个断面进行了汇总并对照施工工况绘制轴力历时曲线图, 各阶段支撑轴力最大监测值详见表 3, 轴力变化过程见图 4。

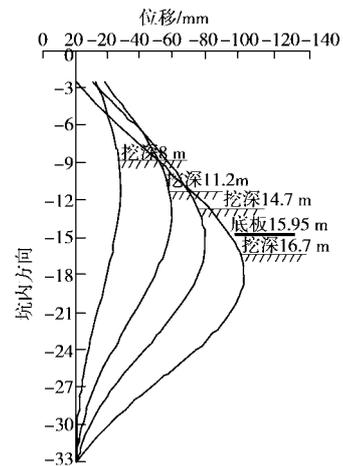


图 3 #3 测斜孔位移与深度变化曲线

Fig. 3 The curves of displacements and depths at No. 3 slope monitoring point

表 1 测斜孔各阶段的最大位移及累计最大位移

Table 1 The variation and total displacements of slope monitoring points at different sections (单位: mm)

孔号	挖第一皮土 约 3.5 m	挖第二皮土 约 8 m	挖第三皮土 约 11 m	挖第四皮土 约 15 m	挖第五皮土 约 17 m	累计最大 水平位移
#1	28.84	20.84	12.69	-8.01	-22.76	-28.15
#2		-32.79	-57.23	-89.02	-120.41	-137.46
#3		-33.65	-72.85	-98.52	-128.89	-138.83
#4		-31.82	-51.33	-76.97	-104.40	-117.88
#5		-26.28	-44.96	-72.10	-89.02	-106.90
#6		-19.51	-27.78	-54.92	-78.33	-89.11
#7		-19.29	-38.51	-58.24	-92.88	-100.03
#8		-19.67	-31.66	-49.68	-72.53	-78.27

表 2 测斜孔各阶段的最大变化速率及最大速率对应深度

Table 2 The variation speed and corresponding depths of slope monitoring points at different sections

孔号	挖第一皮土 约 3.5 m		挖第二皮土 约 8 m		挖第三皮土 约 11 m		挖第四皮土 约 15 m		挖第五皮土 约 17 m	
	最大速率 /(mm·d ⁻¹)	对应深度/m								
#1			-8.02	11.5	-4.58	12.0	-5.78	16.5	-2.91	19.0
#2			-7.11	11.0	-6.85	14.5	-7.57	17.5	-3.52	20.0
#3			-8.56	10.0	-4.05	15.5	-10.68	18.0	-7.76	20.0
#4			-5.19	10.0	-5.36	12.5	-8.58	16.5	-5.25	20.0
#5			-9.24	9.5	-4.58	12.0	-6.26	15.5	-2.85	21.5
#6			-5.99	11.0	-4.07	14.0	-12.01	15.0	-2.86	20.0
#7			-4.10	11.5	-2.98	15.5	-5.57	16.5	-3.10	20.0
#8			-4.96	10.0	-4.59	15.0	-5.55	16.5	-4.13	21.0

表3 各阶段支撑轴力最大监测值

Table 2 The maximum axial force of bracing at different sections						(单位: kN)
断面	开挖第二皮土	开挖第三皮土	开挖第四皮土	开挖第五皮土	浇筑底板	工况说明
1-1	4780.9	3787.9	3665.5	2570.0	727.2	第一道支撑
2-1		6179.7	6405.8	7589.6	5475.7	第二道支撑
3-1			3949.1	7555.7	4944.9	第三道支撑
1-3	6023.5	6731.1	6431.2	6179.1	4868.0	第一道支撑
2-3		5645.4	10292.2	10601.5	9554.3	第二道支撑
3-3			9692.7	12156.0	12127.2	第三道支撑

从图4中可以看出:在第一道支撑浇筑完成后,随着第二皮土的开挖,该支撑所受的荷载迅速增加,当该层土开挖完成后,支撑轴力增加速度逐渐减小。

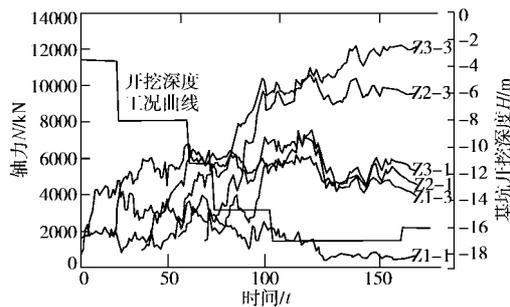


图4 各道支撑#1和#3监测断面轴力—时间—工况图

Fig. 4 The variation curves of axial force-time-excavation depth of No. 1 & No. 3 monitoring sections of different braces

在第三皮土开挖时第一道支撑的轴力略有增大后开始减小,而第二道支撑所受的轴力迅速增大。

在第三道支撑完成后,开挖第四皮土的过程中,第一道支撑的轴力整体呈减小趋势,第二、第三道支撑均为显著增大。最终第三道支撑的轴力超过第二道支撑。

在第五皮土开挖时,由于第四道支撑的作用,上面三道支撑受力均在减小。

综上所述,在基坑开挖过程中,随着深度的不断加深,支撑受力逐道加大,下层支撑承担的荷载逐渐超过上层支撑,同时围护体变形最大点逐渐下移,与测斜数据相符。

5 结论与建议

(1) 本工程采用地下连续墙+四道环型混凝土支撑(局部为五道)作为围护结构,在地下水位高、土质差、开挖面大、开挖深度深、场地小等诸多不利因素影响下得以顺利完成,表明该围护方案是合理有效

的,可供类似工程借鉴。

(2) 墙体的最大水平位移量为138.83 mm,与基坑开挖普遍深度17 m和墙体深度36 m之比分别为0.8%和0.3%。在各阶段开挖过程中,日变化量最大值出现在开挖面以下1~4 m。因此坑内加固土体对控制变形速率和变形量极为有效。

(3) 支撑平面整体呈“O”型,在基坑中部东西向采用直撑结构设置两座钢筋混凝土栈桥,增大了中部支撑的刚度,减小了基坑中部的位移,同时解决了基坑东西两边通行的道路问题。

(4) 由于主楼区域的开挖比较深,最深位置超过20 m,在该区域加设了一道支撑,有效的减小了深开挖区的围护体变形。该道支撑顶面标高比大底板顶面标高低0.3 m,在进行底板钢筋施工时作为支架使用,减小了大吨位钢筋放样的难度,后期将其直接浇注在底板混凝土里,无须拆除,缩短了施工时间。

(5) 支撑轴力在换撑过程中达到最大值。换撑时必须加强对未拆除支撑轴力的监测,建议设计人员在设计时应重点考虑换撑过程中支撑轴力的变化,需要时宜适当加强。

(6) 建议分别设置土方开挖和支撑设置过程中的和换撑过程中的报警值,更加具有实际操作意义。

致谢:参与本工程监测和资料整理的还有徐骏、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. (DBJ08-61-97 Code for design of excavation engineering[S]. 1997: 103-105.)