平海公寓基坑围护结构设计与施工

余忠祥
(杭州广宇房地产集团有限公司，杭州，310009)

提　要　本工程采用了大直径钻孔灌注桩加两道水平钢筋砼内支撑结合防渗帷幕的支护型式，监测结果表明该围护形式能有效的控制基坑的水平位移。

一　工程概况

平海公寓位于庆春路以南，平海路以北，中山中路以西，岳王路以东，分为南北两地块。南地块分别由 18、19、20 层三幢高层公寓和 7 层裙房组成，采用框架－剪力墙结构，建筑最大高度 59.70m(不包括地下部分)。北地块由 1 幢 18 层综合楼和 2 幢 7 层住宅楼组成。除北端 1 幢住宅楼，南、北两地块下室连为一体，基桩为大直径钻孔灌注桩。基坑总体开挖深度约为 10.7m，局部稍深(如电梯井处)。

本工程基坑内侧线离北边 2 幢 5 层砖混建筑约 5~8m；离西边岳王路约 3~8m；离南边平海路约 5~8m 以及离路面下管煤约 8m；离东边中山路约 6m。

二 工程地质条件

根据岩土工程勘察报告，本基坑工程涉及两个不同的土质条件的场地区域，即 I 区和 II 区，东北局部(II 区)有较厚的淤泥质粉质粘土。I 区和 II 区自上而下的土层名称及其物理力学性质指标分别见表 1 、表 2。基本上淤泥质土埋深约 9m，厚约 7~11m。

表 1　各土层的物理力学指标(I 区)

层号	岩土名称	平均厚度 (m)	含水量 (%)	天然重度 (kN/m^3)	粘聚力 C(kPa)	内摩擦角 ϕ(度)
1-1	杂填土	3.40		(18.0)	(8)	(13)
1-2	淤填土	0.50		(18.0)	(8)	(3)
1-3	素填土	0.50		(18.0)	(12)	(10)

续表 1　各土层的物理力学指标（Ⅰ区）

层号	岩土名称	平均厚度 (m)	含水量 (%)	天然重度 (kN/m³)	粘聚力 C(kPa)	内摩擦角 φ(度)
2-1	粘质粉土	1.80	31.9	18.8	11	(28)
2-2	砂质粉土	2.70	32.0	18.7	10	(25)
3-1	淤泥质粘土	1.70	53.6	16.8	13	12
3-2	淤泥质粘土	2.70	41.4	17.8	17	12
5-1	淤泥质粉质粘土	2.10	37.2	18.2	12	13
6-1	粘土	2.40	31.4	18.9	(30)	(15)
6-2	粘土	2.80	33.1	18.8	(25)	20
6-3	粘土	5.50	32.5	18.8	(35)	(15)

表 2　各土层的物理力学指标（Ⅱ区）

层号	岩土名称	平均厚度 (m)	含水量 (%)	天然重度 (kN/m³)	粘聚力 C(kPa)	内摩擦角 φ(度)
1-1	杂填土	3.40		(18.0)	(8)	(13)
1-2	淤填土	0.50		(18.0)	(8)	(3)
1-3	素填土	0.50		(18.0)	(12)	(10)
2-1	粘质粉土	1.80	31.9	18.8	11	(28)
2-2	砂质粉土	2.70	32.0	18.7	10	(25)
3-1	淤泥质粘土	1.70	53.6	16.8	13	12
3-2	淤泥质粘土	2.70	41.4	17.8	17	12
5-1	淤泥质粉质粘土	2.10	37.2	18.2	12	13
5-2	淤泥质粘质粘土	3.80	36.8	18.2	12	13
6-3	粘土	6.20	32.5	18.8	(35)	(15)

三　基坑支护方案选择

从以上的工程地质条件可以看出本基坑工程的特点。首先场地土性质较差，填土层深厚，而基坑底上下即为深厚的淤泥质土层，其压缩性较高，力学性质不佳；其次基坑挖深较深，达 10.7m；再者，基坑周边为市中心交通要道或距离较近的砖混旧房，环境安全要予以充分考虑。另外，基坑形状呈长矩形，较为规整，但纵、横两向都较长，也是一个特点。

根据坑深、土质条件和周边环境情况，悬臂式或重力式挡墙支护显然不适合本工种；

土钉墙支护也不宜采用，其变形控制和整体稳定不易保证；桩加外支撑(锚杆)支护则因有深厚的填土而不易满足设计和施工要求；单道水平内支撑加支护桩的方案在现有土质及挖深的情况下，某些工况支护结构的变形较难控制，甚至无法满足要求，也不经济；综上所述，采用大直径钻孔灌注桩加两道水平钢筋砼内支撑结合防渗帷幕的支护型式，是最为适合本工程的，且防渗的可靠性是支护成功的关键之一。

四　围护结构设计

本基坑工程采用北京理正软件计算，经过多次分析、计算、比较，最后确定整个基坑的支护设计方案。

(1)采用单排钢筋砼钻孔灌注桩 ϕ800 @1100 作支护桩。桩进入杭底 8.2m 或 10.2m，桩顶标高-2.90m。I 区有效桩长 16.4m，配筋 10 Φ25 或 12 Φ25；II 区效桩长 18.7m，配筋 10 Φ25 或 12 Φ25。在支护桩后打一排高压旋喷桩 ϕ800 @1100，且每边与支护桩搭接约 200，这样与支护桩共同组成防渗帷幕；旋喷桩进入坑底 6m（此深度亦是隆起的需要），桩顶亦同支护桩伸入冠梁 100。开挖后，冠梁以上暴露土层用喷射混凝土封面。

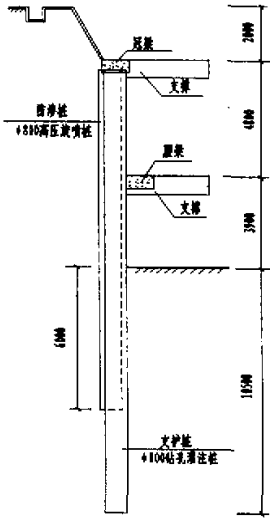


图 1 基坑剖面图

(2)截面 800×800 的主支撑对撑在矩形基坑的长边或角撑在四角，次撑截面 600×700，联系各节点，增强主撑平面内的刚度和稳定。冠梁及第一道支撑竖向位置放在地面 2m 处。冠梁、支撑顶面平，且一次整浇完成。支撑主要由对撑和角撑组成，根据先行考虑的合理立柱位置以及支护结构变形控制要求来布置。此支撑布置形式在可有效减小支护结构变形、减小支护桩内力的情况一挖土施工带来一定的方便。

(3)腰梁及第二道支撑竖向位置放在地面下 6.8m 处，腰梁、支撑顶面平(距坑底 3.6m)，且一次整浇完成。此竖向位置既是支护结构合理设计的需要，也是地下室顺利施工的需要。支撑也是主要由对撑和角撑组成，基本同第一道支撑，并且在原方案的基础上采纳意见作了调整。

(4)竖向立桩共 58 根。根据本工程桩的布置、支护结构支撑布置的合理性以及建筑结构施工的可行性，利用 14 根工程桩作为立柱桩，另行打设 44 根 ϕ800 钢筋砼钻孔灌注桩作立柱桩，进入桩底下 18m 或 24m；钢格柱由 4∠125 组成，断面 480×480，进入立柱桩 2m。基坑支护剖面图如图 1 。

五　基坑开挖监测

为了确保基坑开挖的安全和本工程地下结构施工的顺利进行，应该及时获取基坑开挖过程中支护结构和周围土体的受力与变形住处，以求事先我掌握基坑开挖的影响情况，为地下室顺利施工提供指导，即进行所谓的“信息化”施工。因而对整个基坑施工过程进行现场监测成为必不可少的一环。

1．监测内容

根据本工种地下结构及现场实际情况，监测内容如下：

(1)周围环境的监测：包括周围建筑物和道路的沉降、水平位移、裂缝的产生与开展情况，以及地下管线设施和竖向变位等。

(2)土体深度的侧向位移观测，尤其是基坑底以下的位移大小和随时间的变化量。为此，共 10 个测点。

(3)立柱竖向沉降和水平位移观测。测点位置一般布置在有施工质量问题的钢格构柱处。

(4)坑内水平支撑的内力随基坑开挖变化而变化的情况。共布置 10 个钢筋计。

(5)根据实际情况需要，适量布置水位观测孔进行监测。

2．监测要求

(1)开工前，应对周围环境作一次全面调查，记录观测数据初始值。

(2)测斜管应保持垂直。

(3)土体深度位移、支撑内力、沉降等观测项目一般应每天观测一次，如遇位移、沉降、及其变化速率较大时，则应增加观测次数。

(4)观测数据一般应当每天填入规定的记录表内，并当天提供给各有关单位。

(5)每天观测到的数据应绘制成相关曲线，如位移沿深度的变化曲线、位移及沉降随时间的变化曲线等，一般 2~3 天提供一次，以但根据其发展趋势分析整个基坑的稳定情况而及时采取安全措施。

3．现场监测

通过对基坑的现场观测，可以知道围护结构的水平位移较小，均在允许范围以内，其中最大值不超过 20mm，对周围的建筑物和地下管线没有产生太大的影响，这表明本基坑支护围护方案是成功的。其中 4 号测斜管的位移曲线如图 2。

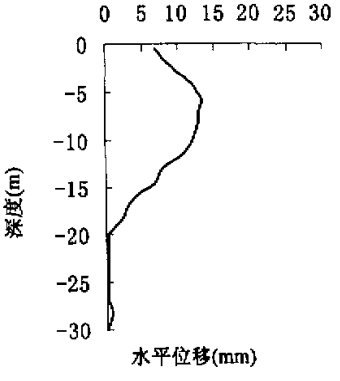


图 2　4 号测斜管的位移图

六 结 语

在设计时，从基坑的实际特点出发，通过对多种支护方案的分析比较，最后采用了大直径钻孔灌注桩加两道水平钢筋砼内支撑结合防渗帷幕的支护型式，通过现场的监测，基坑的水平位移较小，对周围的建筑物和地下管线基本上影响很小。从而达到保护周围环境的目的，这表明当对基坑的变形有较高要求时，可以采用大直径钻孔灌注桩加水平支撑的围护形式，不过要注意防渗的设计。