凤起路 B-7 地块高层住宅楼围护结构设计与施工

诸先远　　王玉燕
(浙江华门房地产开发有限公司，杭州，310014)(浙江省粮油工程勘察设计所，杭州，310012)

提　要　本文介绍了凤起路 B-7 地块高层住宅楼围护结构设计、施工和监测，从监测结果分析可知，所选用的土钉支护方案和采取的施工措施是合理可行的，基坑开挖和降水是成功的。

一　工程概况

凤起路 B-7 地块高层住宅楼位于杭州市下城区凤起路南侧，西邻建国北路。该楼地上 24 层，采用框架剪力墙结构，设一层地下室。

根据资料，本工程场地自然地面平均标高与本工程K0.000 的标高等高，即相当于黄海高程 6.050m。基础四周地梁埋深（包括垫层）以-5.40m 为主，局部为-5.80m -6.80m。基础四周承台（包括垫层）南北两侧以-6.90m 为主，局部为-5.90m，-5.50m，东西两侧为-7.40m。故该基坑挖深（考虑局部承台）为 5.40m，5.80m，6.90m 和 7.40m。

本工程基坑北侧约 5m 为 5m 宽的凤起路人行道，人行道北 1.3m 有一条埋深 1.3m 的电力管线。基坑南侧约 11m 为已建的两幢七层住宅楼,这两幢大楼采用了夯扩桩，桩底标高-8.45 m。基坑南侧 3.3m~4.3m 有埋深 1.1~1.3m 直径 400 的雨水管和污水管。基坑东侧距醋坊巷约 8.7m。基坑西侧约 10m 有未拆两层危房。

二　工程地质条件

根据岩土工程勘察报告，本工程场地属钱塘江冲积沉积发育区。本工程基坑所涉及的地层主要为 1 杂填土、2-1 砂质粉土、2-2 粉砂、2-3 砂质粉土、2-4 粉砂、2-5 粉砂，其中杂填土层平均厚约 2.3m，性质差，砂质粉土、粉砂性质较好。根据岩土工程勘察报告，本场地地下潜水位在地表下 1.0m 左右。本基坑支护涉及各层土的主要物理力学参数选用见表 1 示:

本工程基坑有以下几个特点:

(1)开挖深度深浅不一，最浅 5.4m，最深达到 7.4m；

(2)基坑涉及土层除杂填土性质差外，其它粉砂性土性质较好；

(3)场地周围环境尤其是基坑西侧两层老房对地基土沉降及水平位移要求较高。

表 1　各层土的物理力学指标

层号	岩土名称	天然重度 kN/m³	粘聚力 C(kPa)	内摩擦角 φ(度)	厚度 (m)	渗透系数 K_v(cm/s)
1	杂填土	18.0	8	13	2.3	
2-1	砂质粉土	18.6	7	24	1.6	1.71×10^{-4}
2-2	粉砂	18.7	8	32	5.6	8.50×10^{-4}
2-3	砂质粉土	18.7	8	26	1.9	1.42×10^{-4}
2-4	粉砂	18.4	7	30	3.5	
2-5	粉砂	18.8	6	28	1.9	

三　基坑支护方案选择

由前所述场地工程地质条件及基坑深度，采用土钉墙支护是比较理想的，只要做好降水，土钉墙支护不仅造价低，安全可靠，而且可随开挖随支护，工期较短。这些优点已为许多类似地质条件的土钉支护工程事例所证明。

土钉支护的关键是降水，而降水会影响周边环境。从理论上来说，因降水引起土层的有效应力增大而造成沉降是微小的，特别是孔隙度小，压缩模量大的粉砂性土。老城区的填土也经长时间压载而比较密实。理论计算，水位降至-6.8m 引起的沉降量在 1cm 多，这与已有的类似场地的监测数据相吻合。

根据工程经验，类似地质条件的基坑，采用井点降水未对周边道路及管线造成大的影响。如：城站广场附近的红星剧院。实践表明，降水过程中，不把粉砂颗粒带出，轻型井点降水对周边环境影响应在安全范围之内。基坑南侧的大楼采用了底标高-8.45m 的夯扩桩，桩底远在水力坡降线以下，因此降水对大楼没有大的影响。

考虑到基坑西侧两层危房采用浅基础，本身已破旧，对地基土的水平位移较敏感，因此该处应设止水帷幕和有一定刚性的支挡结构。同时由于西侧挖深达 7.4m,若坑外不降水，则基坑内外水头差较大，如果出现渗漏，则后果严重。因此，坑外应设一级井点降水，以降低坑内外的水头差。相应的此处上部可用土钉支护，下部则用围护桩嵌止水桩支挡。本场地砂性土性质较好，用沉管灌注桩及搅拌桩难以施工，另外，在砂性土中用搅拌桩止水效果也不理想。应选用旋喷桩和素砼桩止水，但从施工经验来看，在粉砂性土中素砼桩的养护时间较难控制，其垂直度也比旋喷桩稍差。而旋喷桩费用稍高。从安全角度出发，本方案选择旋喷桩作为止水桩。

综上所述，本设计方案确定基坑西侧部分上部用一级轻型井点降水加土钉墙支护，下部用钻孔灌注桩支挡，间嵌三重管高压旋喷桩止水。其余各侧采用土钉墙支护，轻型井点

降水的方案。

四　围护结构设计

本支护结构设计采用北京《理正深基坑支护》软件进行设计计算。对各个剖面进行土钉的抗拉验算和基坑的稳定性验算。

土钉墙支护部分首先以 1：0.5 的坡度系数放坡卸载至-1.0m，坡面喷射 5cm 厚 C15 砼。然后以 1：0.3 的坡度至底进行土钉支护。1-1，1'-1'，2-2 剖面土钉水平间距均为 1.1m，长度均为 6m，第一道土钉竖向间距均为 1.3m，其余各道土钉竖向间距均为 1.2m。其中 1-1，1'-1'共设土钉 4 道，2-2 剖面设土钉 5 道。特别要指出在 1-1，1'-1'剖面支护范围内局部承台挖深达 6.9m，其支护结构应遵照 2-2 剖面的支护结构。3-3 剖面挖深 7.4m,比较深，故从-1.3m 开始以竖向间距 1.3m，水平间距 1.1m 打设 5 道 7m 长的土钉。3-3 剖面支护范围局部挖深 4.5m，故相应减少最后一道土钉。土钉选用 ϕ22 钢筋，面层挂 ϕ6@ 200×200 钢筋网，喷射 10cm 厚 C20 砼。土钉端部与面层的连接采用 2 根 ϕ22 的短段钢筋沿土钉方向与土钉上下侧焊接以锁定与土钉焊接的 2 ϕ18 的通长加强筋，到达支护底面后，面层插入底面以下 30cm。

4-4，4'-4'剖面采用土钉墙与钻孔灌注桩相结合的支护形式。即上部 3m 以竖向间距 1.2m，水平间距 1.1m 的两道 6m 土钉支护，下部用 ϕ600 @900 C25 钢筋砼钻孔灌注桩悬臂式支挡，止水用 ϕ700 @900 的三重管高压旋喷桩与钢筋砼桩搭接 200。钻孔灌注桩嵌入坑底 8.0~9.0m，止水桩嵌入坑底 5.0~5.5m。围护桩顶设置 700×500 的压顶梁，以增强整体刚度。为增加抗倾覆安全，减少侧向位移，在两个直角处设一道 600×500 的水平支撑。

在围护桩与土钉墙的交接处，增打一根钻孔桩和旋喷桩，并相应加强该处压顶梁的配筋，以增强接头的刚度和稳定性。同时要求土钉挂网延伸至围护桩与之焊接并喷射砼。

本支护结构体系不允许作为塔吊地基基础之用，塔吊位置待施工单位确定后应进行专门设计。东北角可作为堆载位置及泵车位置。地面堆载不大于 15Kpa。

针对本基坑场地以砂性土为主的特点，本设计方案采用轻型井点降水。在基坑外周边设 400×400 的排水沟，用来排除地表水和坑内抽取的水。第一、二级轻型井点管长均为 6.0m，分设在-1.00m 和-3.60m 处，3-3，4-4，4'-4'待开挖至-5.10m 设第三级 6.0m 长的轻型井点管，坑内按降水至-7.9m 考虑，因此，当挖深至-5.40m,在坑内四条后浇带处再设第三级 6.5m 长的轻型井点管。要求井点管间距 1.2m，滤管长 1.2m。要求井点成孔直径 300mm,沉设井点管后及时填入至少 2.0m 深一定级配的砂砾石作为反滤层。要求最小填料 D_{85} 大于 1.0 倍滤管孔径，井点管上部 1.0m 用粘土填实，防止漏气。要求试抽洗孔至出清水。井点抽取的水不应明显含砂而显混浊。支护交接处、运土坡道处应注意保持井点管的连通。

五　基坑开挖监测

为确保围护体系的稳定和周边建筑、道路管线的安全，施工过程中应进行现场监测。

1．监测内容

⑴深层变形监测，共设 12 个监测点。

⑵沉降监测，共设 14 个监测点。

⑶水位观测，共设 10 个观测点。

2．监测要求

⑴在施工前，先了解掌握监测对象的情况，如对一些建筑的裂缝等有必要拍照存档；

⑵各监测项目一般应每天观测一次，如遇变形沉降及其速率较大时，则应增加观测次数；

⑶观测数据一般应每天填入规定的记录表内，并当天提供给有关单位；

⑷每天观测到的数据应绘制成相关曲线，一般 2 至 3 天提供一次；

⑸当土钉墙日变形 5mm 或累计变形达 2.5cm；围护桩日变形 4mm 或累计变形达 2.0 cm；大楼沉降累计达 15mm，应向有关各方报警，采取有效应急措施。

3．深层土体位移监测结果

从一九九九年九月二日开始，至十二月一日结束，共完成监测报告 87 份，通过认真、细致的观测，圆满完成了基坑开挖过程和地下室施工阶段的监测任务。各测斜管的基本情况见表 2。

表2　各测斜管最大位移

孔号	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#	11#	12#
最大位移(mm)	10.23	9.27	-2.17	21.03	2.76	8.15	10.11	50.31	24.12	8.51	12.96	15.37
位置(m)	-7.50	-2.00	地表	-7.00	-7.50	-1.50	-2.00	-2.00	地表	-0.50	-2.50	地表

六　结　语

1．根据现场开挖情况和效果分析可知，说明所选用的土钉支护方案和采取的施工措施是合理可行的，基坑开挖和降水是成功的。

2．从深层土体水平位移监测结果可知，测斜管的最大水平位移基本上在预计的总位移量控制值之内，说明土钉支护结构能较好的控制基坑变形的发展。

3．基坑开挖过程中做好了监测工作，对支护结构进行准确的、动态的监控，指导基坑开挖的顺利进行。