探矿工程（岩土钻掘工程）
EXPLORATION ENGINEERING
（DRILLING&TUNNELING）
1999年 第4期 No.4 1999

万方数据资源系统 WANFANG DATA （CHINAINFO）
数字化期刊 DIGITIZED PERIODICAL

福州平安大厦深基坑支护设计与施工

阮广招　黄金灿

摘　要　深基坑支护设计与施工是当前城市高层、超高层建筑突显的技术难题。通过工程实例，从设计方案的选择到施工、监测，提供了有益的经验。
关键词　挡土桩　环梁支护结构　拱圈　水平支撑

Design and Construction for Deep Foundation Pit Support for Ping'an Building in Fuzhou

Ruan Guangzhao, Huang Jincan

(Fujian Geo-engineering Company, Fuzhou, 350011)

Abstract　The design and construction for deep foundation pit support are protrusive technical difficulties in present high and super-high city buildings. Valuable experiences ranging from project to design construction and monitoring are presented through the engineering case study.
Key words　retaining pile, surrounding beam supporting structure, arch ring, horizontal support

1　工程概况

福州平安大厦系一座31层商住楼，高度115 m，占地面积4614 m^2，总建筑面积37355 m^2。设地下室3层，基坑平面尺寸56.6 m×36.5 m，自然地面标高-1.65 m,坑底标高-11.70 m，开挖深度10.05 m，土方开挖工作量约21000 m^3。

2　地质条件

拟建场地处于福州盆地中部，上部覆盖层为海陆相冲积形成的砂性土，基底为燕山期中粗粒花岗岩。

在基坑支护桩埋深范围内，自上而下垂直分布地层为：杂填土，灰黑色，松散，夹碎石块，厚度1.5～3.6 m；粘土，黄绿色，可塑，厚度2～3 m，容重 γ =18.30 kN/m^3，内聚力C=50.66 kPa，内摩擦角 ϕ=14.19°；淤泥，深灰色，流塑（天然含水量55.8%～74.2%），厚度5.7～10.1 m，γ =18.10 kN/m^3，C=7.92 kPa，ϕ=4.95°；粉质粘土，褐黄色，可塑，厚度1.4～5.7 m，γ =17.50 kN/m^3，C=19.90 kPa，ϕ=9.51°；含泥中细砂，灰白色，中密，粒径0.10～0.25 mm，含泥量15%～20%，厚度2.7～10.4 m。

水文地质情况：地下水位在自然地面下0.6～1.7 m，场地内除淤泥、粘土层顶上贮有上层滞水外，还有埋藏于粘土层下中细砂至碎卵石的多层承压水。对本工程而言，关键是要隔断来自于含泥中细砂的承压水（第一含水层）。经现场抽水试验，此含水层渗透系数k=1.62　m/d；单孔涌水量q=11.48　m^3/d；影响半径R=96.5　m。

3　支护结构设计

基坑支护结构一般由垂直挡土结构和水平支撑结构组成，设计方案必须满足以下2方面要求：保证边坡稳定及周围建筑物、地下管线设施安全，不得引起拟建物正面五一路主干道开裂，影响市区交通；确保基坑开挖顺利进行，并提供足够的地下室施工作业空间。

根据上述要求，业主邀请了有关专家多次研讨，经可行性论证、方案比较，最后确定方案如下。

3.1　以钻孔灌注桩作为基坑的挡土结构，高压旋喷桩形成止水帷幕（如图1所示）

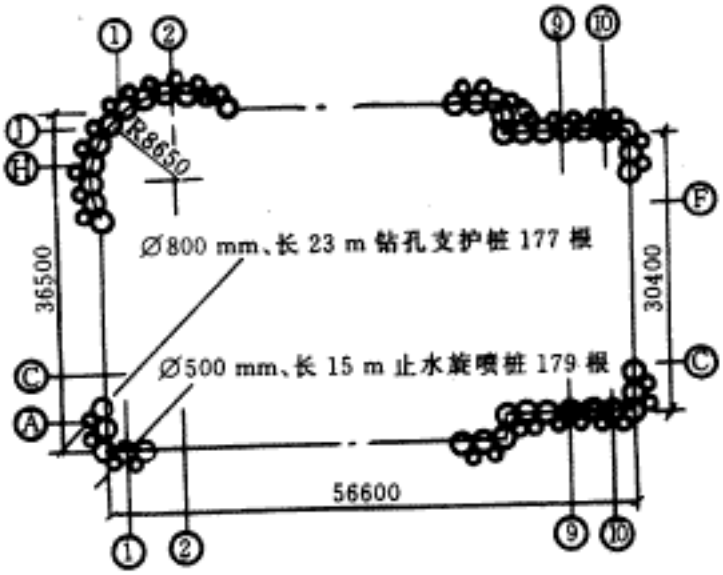

图1　深基坑支护桩平面布置图

首先依据开挖各土层的的γ、C、φ值，当把挡土桩视为弹性地基上的竖直构件，基坑开挖面以下的土体视为直线变形体时，采用库仑郎肯公式计算坑外侧土压力，然后考虑基坑面积、开挖深度、施工条件等综合因素确定。本工程钻孔挡土桩直径800 mm，桩长23 m，桩端落在含泥中细砂层上，沿封口环梁中轴线布置，砼强度等级C25，配筋率0.8%，数量177根。

止水帷幕旋喷桩沿2根钻孔挡土桩外切圆密布，计算桩径500 mm，桩长15 m（阻隔上层滞水及第一含水层），水泥置换率18%～22%，数量179根。

3.2　水平支撑结构由2层椭圆环形钢筋混凝土梁和14根格构式钢架竖向支柱组成(如图2所示)

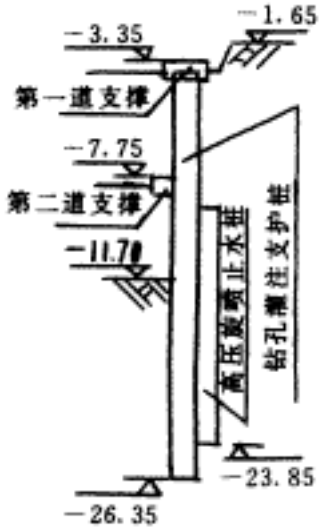

图2　支护结构剖面图

第一道水平支撑梁面标高-3.35 m，断面尺寸1000 mm×800 mm；第二道水平支撑梁面标高-7.75 m，断面尺寸1200 mm×800 mm。

设计采用双层椭圆环梁及其临时钢架立柱与钻孔挡土桩及其桩顶封口梁共同作用形成一个空间结构来承受基坑开挖后侧向土压力、水压力和附加压力。两相交的双椭圆梁水平支撑见图3，在基坑四周共形成了6个拱圈。众所周知，拱圈结构承受水平推力后产生的内应力较小，并使水平支撑构件完全处于受压应力状态，有利于抵抗基坑外侧压力。相交双椭圆水平支撑结构除了受力状态最佳外，还有一个优点，就是基坑左右两半形成无任何障碍物的宽阔空间，极有利于机械挖土及构筑地下室时装模、布筋、浇注混凝土作业。

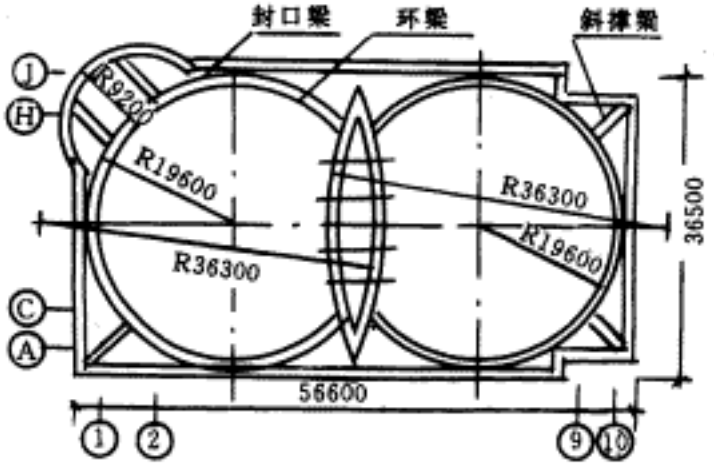

图3　第一道平面支撑结构图

经计算水平支撑椭圆环梁砼强度等级为C25，其配筋计算可采用PK程序、TBSA程序计算叠加，配筋率0.7%，箍筋按构造要求设置。

4　支护结构施工与土方开挖

4.1　钻孔挡土桩施工

钻孔灌注桩作为挡土桩使用，施工时需注意：(1)桩孔施工顺序应按同一轴线5孔为一小组，3小组为一大组，跳隔循环施工，以避免已灌注的桩身砼受到破坏。(2)桩孔垂直度要求要比工程桩更严，一般≤0.5%L(L为桩长)。否则，同一编组最后一根桩难以施工到位，影响质量。(3)钢筋笼投放埋设要准确，受拉、受压区密布弧段欲放置于基坑内外侧方向，这样才能发挥钢筋在混凝土构件中作用。

4.2　旋喷止水帷幕桩施工

按设计要求，本工程旋喷止水帷幕桩选用单层管法施工，喷浆压力12～18 MPa，喷管提升速度15～20 cm/min，浆液水灰比1，水泥置换率≮15%。

4.3　封口梁、上下椭圆水平支撑环梁施工

(1)挡土桩顶封口梁及第一层（上层）椭圆水平支撑环梁先行施工。工艺流程是：定位放线→模板工程→钢筋工程→砼工程。对拱圈与封口梁、角撑、立柱等交汇节点处，均应采取加强措施，确保安全。

(2)根据先支撑后开挖原则，当土方开挖至-7.75 m标高时，停止挖土作业，按第一道水平支撑环梁施工方法施工第二道（下层）椭圆水平支撑环梁。

4.4　基坑土方开挖

依施工组织设计，本基坑工程土方开挖分3个阶段进行。第一阶段，从自然地面标高-1.65 m挖至-3.35 m，挖深1.70 m(该标高以上土体用M10水泥砂浆砌筑240 mm厚砖墙挡土)，然后凿去挡土桩顶疏松砼，施工桩顶封口梁及第一道椭圆水平支撑环梁。第二阶段，待第一道水平支撑环梁砼强度达到设计值后，继续开挖至-7.75 m,挖深4.40 m，施工第二道水平支撑环梁。第三阶段，待第二道水平支撑环梁砼强度达到设计值后，继续挖土至-11.70 m，挖深3.95m。最后一次开挖局部深度到达基底标高后，要随挖随即浇捣300 mm厚C15毛石砼垫层，并使封底砼紧抵挡土桩。

4.5　土方开挖的注意事项

(1)采用机械开挖，注意防止挖掘机铲斗碰撞损坏工程桩及临时支柱。

(2)在土方开挖过程中，自始至终要做好排水、疏水、截水、降水工作。

(3)每日挖出的弃土，应当班运走，严禁基坑四周堆土过量（堆土高度≯1 m），否则会增加挡土桩的附加荷载。

(4)-10.70 m以下部分土体要采用人工挖掘及修整。承台施工应逐个进行，土方挖好后即刻浇捣钢筋砼，避免大面积开挖或基坑长时间暴露。

5　施工监测

由于影响基坑工程安全的不确定因素甚多，故需采取信息化施工，对基坑施工全过程进行监测。

(1)根据埋设于挡土桩顶封口梁上10个位移观测点监测，挡土桩向基坑内侧方向最大水平位移S=34 mm≤40 mm，满足一级安全等级的支护要求。

(2)经椭圆环梁预埋钢筋应力计测定，拱圈水平支撑构件均处于受压状态，压应力不大。

(3)开挖基坑底部未出现土体变形与隆起。

(4)基坑开挖作业自1997年12月8日开始至1998年3月29日结束，累计112天（含春节放假15天），正面五一路市区交通干道及地下管线未发现异常情况，周围建筑物正常使用。

6　技术经济效果

(1)该基坑支护结构工程总造价320万元，按支护延长米计算17390元/m，按支护面积计1549元/m^2，按支护空间体积计153元/m^3，比预算造价节约18.5%，效益可观。

(2)本工程采用钻孔挡土桩、高压旋喷止水帷幕、双层椭圆环梁水平支撑的支护结构体系，技术先进，安全适用，经济合理。

(3)水平支撑拱圈结构受力佳，空间大，极利于多层地下室施工，为类似深基坑施工提供了有益的经验。

作者简介:阮广招：男，1939年生，福建省地质工程公司教授级高工；1963年毕业于北京地质学院探工系；长期在野外搞探矿工作，1986年起从事地基与基础施工工作。地址：350011 福州市五四北路285号。　黄金灿：福建省地质工程公司。

收稿日期：1998-10-09