上海万邦都市花园一期工程基坑双排钻孔灌注桩支护

缪俊发　叶观宝　樊向阳
(同济大学地下建筑与工程系，上海，200092)

提　要　本文通过工程实例，简述了双排灌注桩基坑围护结构的设计原理与计算方法，初步总结了设计与工程经验，得到了一些有益的结论。

一 工程概况

万邦都市花园一期工程包括拟建 1#住宅和一层地下车库，位于上海市浦东龙阳路、白杨路路口。基坑开挖深度为：1#住宅地下室基坑开挖深度 3.50m，一层地下车库基坑开挖深度 6.00m。基础底板平面形状如图 1 所示。

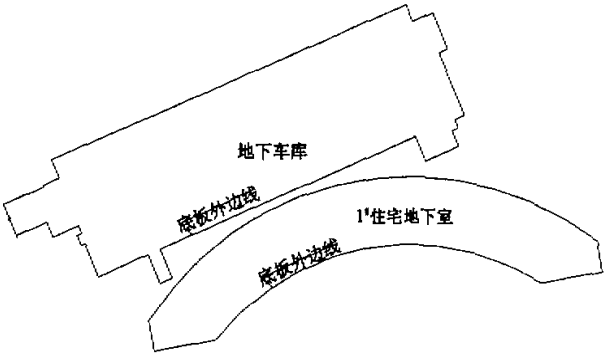


图 1　基础底板平面图

二　基坑周边环境

1#住宅和一层地下车库紧邻，±0.000 以下的土建施工同时进行。根据这一要求，1#住宅地下室和地下车库的地下工程施工共用一个基坑，开挖深度随基础底板埋深变化。

该基坑北侧沿线与相邻拟建 6#、7#住宅(同期施工)基础底板相距仅 3.0m，距基坑东北侧 35.0m 处为地铁隧道穿越区；地下车库东侧与拟建 5#住宅的最小距离仅约 15m；1#住宅

地下室东西两侧与拟建 2#、3#住宅紧邻，相距仅 0.13m；基坑南侧为空旷地带。

按上部结构设计方的要求，基坑北侧及东侧偏北地段围护墙体位移不得超过 3cm。

三　工程地质条件

拟建场地大部分原为农田，地势较平坦，地面标高 3.14~4.02m。场地东部有一些临时建筑物，拆除后整平。该场地浅层地下水属潜水类型，地下水位埋深为 0.10~0.78m。

该工程场地地面以下 50.40m 深度内，土层主要由粘性土、粉性土及砂土组成，均属第四系沉积物。按土性可划分为 7 个主要层次，其主要物理力学性质如表 1 所示。

表 1　工程地质条件简表

层序	土层名称	层底标高 (m)	层厚 (m)	γ (kN/m³)	c(kPa)	ϕ (°)
①$_1$	填土	3.48~1.07	0.50~2.80			
①$_2$	浜填土	1.46~0.80	0.40~1.10		(局部地段存在)	
②	粘土	1.89~0.71	0.40~2.30	18.5	17.5	11.5
③	淤泥质粉质粘土夹砂质粉土	-2.58~-4.30	3.50~5.60	18.0	7.0	20.0
④	淤泥质粘土	-12.58~-13.84	9.20~10.40	17.1	13.5	10.0
⑤	粉质粘土	-18.82~-20.64	5.80~7.50	18.5	12.0	12.4
⑥	粉质粘土	-22.41~-24.64	3.00~4.20	19.8	33.0	11.8
⑦$_{1-1}$	粉质粘土夹砂质粉土	-24.11~-26.14	1.50~2.80	19.4	11.0	19.4
⑦$_{1-2}$	砂质粉土	-40.08~-41.14	14.50~15.2	18.8	2.0	23.8
⑦$_2$	粉细纱	未钻穿	未钻穿	19.3	0.0	25.5
备注	①~④土层 c、ϕ 为固快直剪峰值，其余各土层 c、ϕ 值为抗剪强度峰值的 70%。					

四　基坑围护方案、设计参数和计算模式

1. 围护方案

综合考虑了开挖深度、周围环境及土层特性，并以确保安全，尽可能降低造价、节省围护费用，以及缩短工期、方便施工为原则，本工程选择了围护桩与大开挖相结合的方案，即：一层地下室车库的东、西、北侧采用无支撑双排钻孔灌注桩围护；1#住宅地下室西侧、东侧与拟建 3#住宅紧邻地段采用宽 1.70m 的水泥土搅拌桩挡墙作围护；基坑内地下车库与 1#住宅地下室交界处采用宽 1.20m 的水泥土搅拌桩挡墙挡土；1#住宅地下室东侧局部地段及南侧放坡开挖。基坑围护结构平面布置如图 2 所示。基坑内采用轻型井点，降低地下水位至基坑底面以下 1.00m。

2. 设计参数

根据上海地区工程经验，①$_1$ 层填土的有关性质指标取值为：$\gamma=16\text{kN/m}^3$，$c=10.0\text{kPa}$，$\phi=5.0^0$。设计采用的 γ、c、ϕ 值为①~④土层的层厚加权平均值，土压力计算采用等值内摩擦角法[1]。

地下车库西侧围护墙兼作施工道路，地面堆载按 75kN/m 考虑，其余围护结构及放坡开挖坡顶的地面堆载均按 20kN/m 考虑。

浅层地下水位埋深按 0.5m 考虑。

3. 土压力计算模式

按水土分算原则，采用 Rankine 土压力理论计算主动土压力 e_a、被动土压力 e_p。

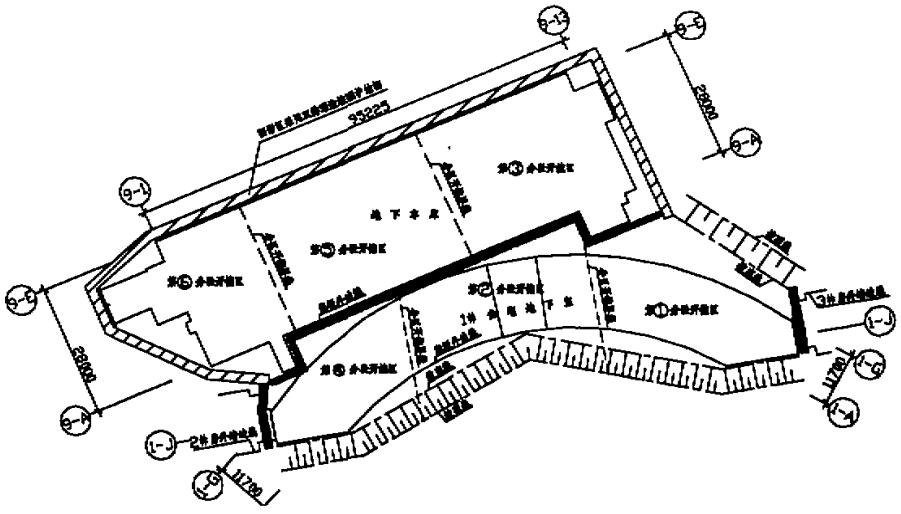


图 2　围护结构平面图

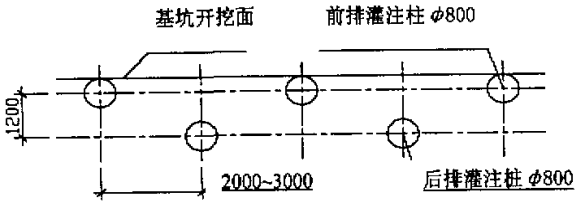


图 3　双排灌注桩排列形式

本基坑工程的主要围护结构采用双排钻孔灌注桩，其平面布置如图 3 所示，灌注桩沿基坑开挖面走向的间距 L=2.0~3.0m，垂直于基坑开挖面走向的灌注桩排距 L_1=1.20m，双排灌注桩顶部用 2.0m×0.3m 的锁口梁连接。作用于灌注桩上的主动土压力 P_{af}、P_{ab} 与被动土压力 P_{pf}、P_{pb}，采用下述计算公式：

$$\text{主动土压力}\begin{cases}\text{前排灌注桩：}P_{af}=(1+\alpha)e_aL/2\\ \text{后排灌注桩：}P_{ab}=(1-\alpha)e_aL/2\end{cases}\tag{1}$$

$$\text{被动土压力}\begin{cases}\text{前排灌注桩：}P_{pf}=(1+\alpha)e_pL/2\\ \text{后排灌注桩：}P_{pb}=(1-\alpha)e_pL/2\end{cases}\tag{2}$$

式中，α 为比例系数，其取值与双排桩排距 L_1、基坑开挖深度 H 及土的力学性质有关，本次设计取值 α=0.55。

4．双排桩内力计算

因桩顶用钢筋混凝土锁口梁连接，可将前后排桩与桩顶连梁看做一个底端嵌固的刚架结构，桩顶与连梁连接点视为直角刚结点；假定桩顶连梁(锁口梁)为不发生变形的绝对刚体，且基坑开挖仅令其发生平移，则前后排灌注桩桩顶水平位移相同；根据模型试验结果，双排桩刚架的嵌固端可取为开挖面以下(1/3~1/5)H[2]，考虑到本工程场地土质差，取底端嵌固位置为开挖面以下 1/3H 处。

根据上述假定，按结构力学刚架内力计算原理[3]，计算前后排桩的弯矩分布及挠度，计算结果如表 2 所示。

表 2　双排桩围护结构内力计算结果

前排桩最大弯矩(kN·m)		后排桩最大弯矩(kN·m)		桩顶位移
嵌固段正弯矩	开挖段负弯矩	嵌固段正弯矩	开挖段负弯矩	(mm)
354.9	-116.7	254.8	-72.7	16.1

双排灌注桩围护结构剖面如图 4 所示。放坡开挖剖面如图 5 所示。

监测资料表明，双排灌注桩围护墙顶的最大位移仅约 1.20cm，与设计值基本接近。

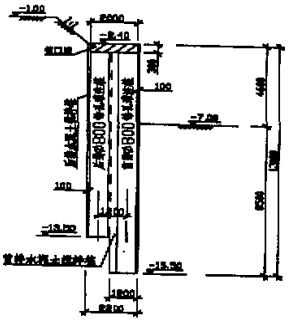


图 4　双排桩围护结构剖面

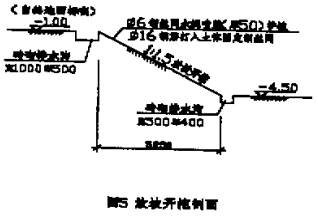


图 5　放坡开挖剖面

五　基坑开挖步骤

围护结构混凝土达到设计强度后，进行土方开挖。

由于与相邻建筑物距离小及基坑面积大，为了控制和尽量减少围护墙体位移，基坑开挖采用“分段开挖、分段浇注素砼垫层”的施工方法。基坑分为 6 个分段开挖区，按第①~⑥区的顺序逐段开挖土方。每一分段区开挖至设计标高后立即浇注素砼垫层，基坑边缘处垫层与围护墙体相连接；上一分段开挖区基底素砼垫层浇注完毕 48 小时后，方可进行下一分段开挖区的土方开挖，且素砼垫层厚度不小于 15cm。

六　结　论

采用双排桩围护结构形式，整体刚度大，改变了桩身内应力，所受最大弯矩远小于单排桩最大弯矩。

通过本工程的成功，初步尝试到双排桩围护结构的优越性。这种围护结构形式无需内支撑或拉锚等外支撑，可减少工程造价及节约工期。

参考文献

[1] 余志成、施文华编著：《深基坑支护设计与施工》，中国建筑工业出版社，1997年3月，第51页。

[2] 黄强编著：《深基坑支护工程设计技术》，中国建筑工业出版社，1995年5月，第168页。

[3]《建筑结构静力计算手册》编写组：《建筑结构静力计算手册(第二版)》，1998年9月，第345~348页。