温州市王子花苑 8#楼基坑围护

宋开灼
（福建省煤炭工业科学研究所开发部锚喷研究室，福州，350001）

提　要　本文主要通过温州市王子花苑 8#楼基坑围护的成功实例，阐述了采用注浆花管为锚杆的锚喷网支护体系与木桩相结合运用在工程施工中所要注意问题。

一　工程概况

温州市王子花苑 8#楼位于温州市区南郊南塘大道以东，双龙路以南，场地原为农田，黄海高程为 3.1~4.7m，拟建筑物为 17 层商住楼，设地下室一层，基坑开挖深度约 5.0m，基坑平面长×宽为 47×31m。基坑底下承台深为 1.7m，宽为 2.1~3.8m，基础为预制桩基础。

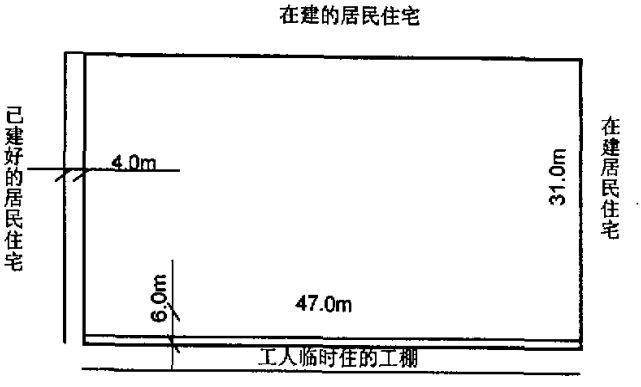


图 1　基坑平面位置图

二　地质条件

依据温州市勘察测验院提供的地质报告，场区上部地层情况自上而下为：

1.杂填土：杂色，由建筑垃圾、生活垃圾、碎块石、粘性土、淤泥等组成，结构松散，均一性差，土性湿-饱和，中-高压缩性，层厚为 0~1.1m。

2.淤泥：青灰色、含少量粉细砂，腐植物碎屑，贝壳残片，土性呈饱和，流塑、高压缩性、高灵敏度、层厚 10.6~13.5m，全场分布。

场地表层地下水属潜水型，其水位受季节性变化，大气降水、邻近塘河水位等因素影响，勘察期间测得稳定地下水埋深 0.1~1.4m。

上述土层的物理力学性质如表 1。

表 1　场区上部土层的物理力学性质

土层名称	天然重度 γ (kN/m³)	固结快剪 内摩擦角 ϕ (°)	固结快剪 内聚力 C (kPa)	厚度 h (m)
杂填土	17.0	7	4	0-1.1
淤　泥	16.0	4.5	9	10.6-13.5

三　支护方案比较及确定

在温州地区，以往均采用钢板桩结合内支撑来对所开挖的基坑进行围护，该方案虽然安全稳定，整体刚度大，但由于造价高，特别对土方开挖及主体结构施工困难，而逐步被其他方案所取代。土锚支护，由于其造价经济，土方开挖及主体结构施工方便的优点在温州地区越来越得到广泛的应用。根据拟建筑物周围的情况，并从经济角度考虑，在保证安全支护的前提下，以最省的方案，取得最佳的效果，通过理论计算及与以往的工程相比较，认为选用木桩与锚喷网支护结构相结合为最优支护方案。

四　支护方案设计

由于锚杆所埋设的位置均在于淤泥中，而该层淤泥，土性呈饱和，流塑、高压缩性、高灵敏度，用平常的钻孔注浆型锚杆，则成孔较难，故采用注浆花管来做锚杆。

1. 锚杆设计

(1)锚杆水平力 N 以及轴向力 T

锚杆水平力采用泰沙基压力图形及三角形图形比较，以二分之一分担法近似计算取得，见图 2。锚杆轴力 $T=N/\cos\alpha$，α 为锚杆倾角，本工程均采用 10°。

(2)锚杆长度计算

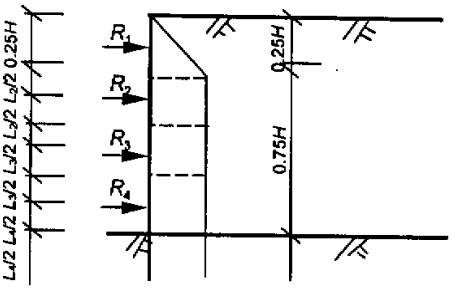


图 2　二分之一分担法计算简图

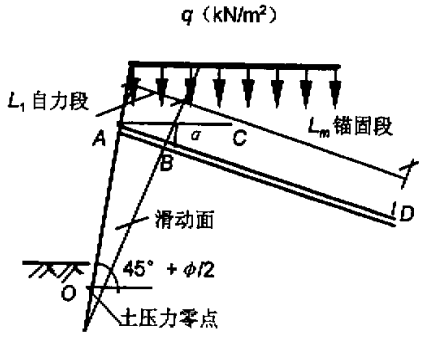


图 3　锚杆长度计算简图

① 锚固段长度 L_m（如图 3）

$$T=L_m \cdot \pi D \tau \tag{1}$$

$$L_m=\frac{T}{\pi \cdot D \cdot \tau} \cdot K \tag{2}$$

$$\tau=K_0 h \cdot \mathrm{tg}\,\phi+C \tag{3}$$

T —— 设计锚杆轴拉力 （kN）

L_m —— 锚杆锚固段长度 （m）

D —— 钻杆直径（mm），本工程均采用 90mm

τ —— 土的抗剪强度（MPa）

K —— 抗拔安全系数

K_0 —— 土层系数

γ —— 土的重度（kN/m³）

h —— 覆盖土的高度（m）

② 自由段长度 L_1

$$L_1=AB=\frac{AO \cdot \mathrm{tg}(45^\circ-\phi/2) \cdot \sin(45^\circ+\phi}{\sin(135^\circ-\phi/2-\alpha)} \tag{4}$$

③ 锚杆长度 L

$$L=L_1+L_m=\frac{AO \cdot \mathrm{tg}(45^\circ-\phi/2) \cdot \sin(45^\circ+\phi/2)}{\sin(135^\circ-\phi/2-\alpha)}+\frac{T \cdot K}{\pi D(K_0 \gamma h \cdot \mathrm{tg}\,\phi+C)} \tag{5}$$

(3)锚杆配筋

用工程类比法，取做花管所用的钢管为外径 D=48，壁厚 t=3.0 可满足设计要求。

由计算结果，锚杆设计参数如表 2。

表 2　锚杆设计参数

锚杆排数	土层深度 (m)	锚杆长度 (m)	水平间距 (m)	垂直间距 (m)	花管规格 D(mm)	t(mm)
1	1.2	9.0	1.2	1.2	48	3.0
2	2.2	8.0	1.2	1.0	48	3.0
3	3.2	8.0	1.2	1.0	48	3.0
4	4.2	7.0	1.2	1.0	48	3.0

2. 护坡木桩设计参数

护坡桩采用单排木桩，木桩大小规格可凭借施工经验进行选取。本工程中所用的木桩尾径为 ϕ15，长度 L=4.0m，其中基坑底以上露出 2.0m，基坑底留 2.0m，木桩间距为@250。

锚杆及木桩位置如图 4。

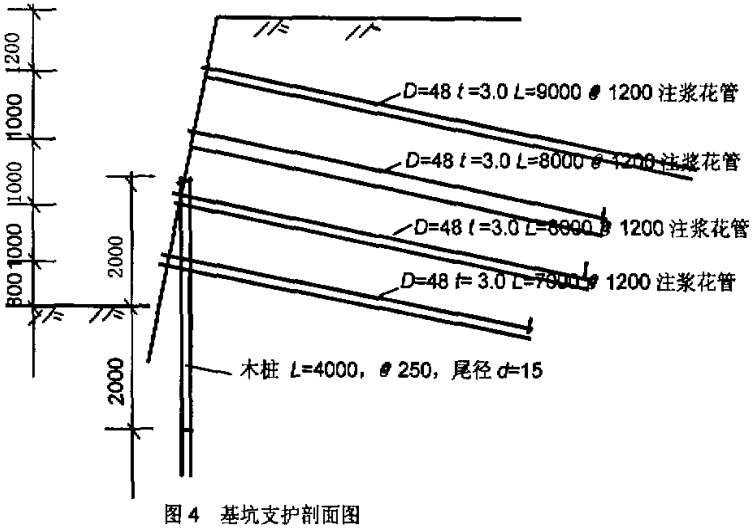


图 4　基坑支护剖面图

五　施工工艺

1. 工艺流程

(1)基坑开挖——▶修坡——▶初喷射混凝土 3cm——▶打入预制好的花管——▶注浆——▶编网——▶安放加强筋——▶锚杆与加强筋焊接——▶续喷射混凝土 7cm——▶养护。

(2)待第二排锚杆施工完后，在开挖第三层土方之前，就得先按设计要求打下木桩，木桩要紧靠基坑壁用钩机慢慢地将其压入土中，当木桩压完后，按(1)流程进行。

2. 施工要求

(1)用机械开挖土方，开挖边壁一般不平整，需要用人工进行修整，以求边坡的平整度。

(2)经过人工修整后的边坡，为防止边坡暴露时间过长和对外层钢筋设立保护层以及提高日后钢砼结构的刚度，需先对其喷 3cm 的混凝土。

(3)注浆材料用 425#R 普通硅酸盐水泥，纯水泥浆，水灰比为 1∶0.5，水泥浆中添加少量速凝剂和膨胀剂，以保证注浆的饱满度及浆液快速凝结，使锚杆尽早进入工作状态。

(4)钢筋网的钢筋采用 ϕ6.5 的钢筋，网筋间距为 300×300，当网筋布好后，按锚杆间距，在网筋外面沿其纵横向各加一根 ϕ16 加强筋，并且加强筋要与锚杆焊接起来。在第三、第四排锚杆施工时，木桩要包在网筋里面，并且网筋外面纵横向用 2 ϕ16 加强筋与锚杆焊接。

(5)续喷射混凝土

喷射混凝土是将水泥、砂子、石子、添加剂和水按一定的配合比拌和而成的混合物，以压风为动力，快速喷到土体表面而形成的人造石材，喷射混凝土强度等级为 C20，其配合比为：水泥∶砂∶石子∶水=1∶2∶2∶0.5（重量比），水泥为 425#R 普通硅酸盐水泥，砂为清水中粗砂，石子为 05 碎石或卵石，砂、石子必须过筛。喷射混凝土采用人工拌料，用转Ⅵ喷浆机配备一台 VY7a/12 空气压缩机送料并喷到工作面，喷混凝土前要先用高压风水冲洗工作面，喷射混凝土顺序沿工作面由下至上。

喷射混凝土支护工程质量必须做到内坚外美。从内部，喷射混凝土抗压强度必须达到设计要求；外表上，要无漏喷、离鼓、钢筋网外露现象。

六　施工中的主要问题

1. 花管制作

花管制作包括花管头制作和花管身制作，花管头直径要比花管身大 40，花管头形状为圆锥状；花管身制作就是将一根 ϕ48，t=3.0 的钢管，沿其长度方向每隔一定距离约 30cm 钻小孔，在花管圆周方向，一般一周布 4 个小孔，当花管头和花管身均做好后，用 ϕ10 钢筋将它们焊接起来，就制成一根花管。

2. 坡顶排水

在基坑西侧，坡顶有一排水沟（明沟）。在基坑土方开挖之前，为防止坡顶水沟的水渗入基坑中，先用 ϕ110 的 PVC 管将其引到地下管道。在不出现下大雨的天气，沟里的水一般可顺利排走，但在下大雨时，由于河里水位上涨，使得管道里的水却大量回流到沟里，在 6 月 12 日早上，由于上述现象，使得基坑西南角发生管涌现象，基坑边壁及坡顶明显出现裂缝，最后采用在基坑坡角堆砂袋，用 2 台水泵把坡顶沟里的水往 300m 远的另一管道出口中排走，才控制住险情。

3. 花管注浆

注浆质量是影响锚杆抗拔力的重要因素。往土里打花管时，花管周边外围的泥浆就会通过花管周边的孔进入花管内，从而影响注浆效果，故当开始注浆时，要先用 ϕ20 的硬

塑料管直插入花管底部，用水泥浆液对其进行清洗，清洗时，塑料管要来回抽动，并慢慢地退出花管，当清洗工作结束后，就可按常规方式，对花管进行压力注浆。

七 小 结

近几年来，温州地区锚喷网支护方式的支护工程，随着城市高层建筑的建设而发展迅速，以往由于设计考虑不周，或因施工不慎，采取排水措施不当，而发生倒塌事故。因此，认真总结经验，进行必要的试验研究，在不同地质和使用条件下，采取相应的处理措施极为重要。采用注浆花管为锚杆的锚喷网支护体系与木桩相结合运用在该基坑围护中是很成功的。该方案可作为类似工程的借鉴。

参考文献

[1] 王祖和、王明远等著：《锚喷支护工程质量检测》，北京，煤炭工业出版社，1996。

[2] 黄强编著：《深基坑支护工程设计技术》，北京，中国建筑工业出版社，1998。