

软土深基坑管式土钉复合支护工法

(TGJGF-03·04-58)

中铁十九局集团有限公司

一、前言

土钉支护是近年发展起来的用于土体开挖和稳定边坡的一种新型挡土结构,在我国的地下工程施工中已得到迅速推广和应用。而软土地层深基坑中采用土钉支护在国内外并不多见。南京地铁奥体中心站位于河西地区的长江漫滩,采用明挖顺作法施工,基坑深9.5m。场区内主要为饱和状淤泥质粉质黏土,强度低,自稳能力差,具有高压缩性和蠕变性,其下粉土、粉砂层为液化土层。地下水位在地面下0.5~1.0m,水量大,补给丰富。黏土层作为相对隔水层,上层为潜水,下层为承压水,使得粉土层易产生管涌、流砂。对此,设计和施工单位综合考虑工程地质、水文地质、周边环境条件,设计采用管式土钉(以下简称管钉)复合支护获得成功,并形成一套成熟的施工工法。

二、工法特点

1. 充分利用土体的自承能力,土体与管钉共同作用组成支护结构,具明显的经济性。
2. 施工设备轻便,操作方便简单,施工方法灵活,对环境干扰小。
3. 安全可靠,施工效率高,能够满足工期、质量要求。

三、适用范围

本工法适用于经降水后的软土基坑支护和边坡加固。软土基坑深度不宜超过15m。

四、施工工艺

(一)工艺原理

管钉复合支护由管钉、坡面防护和防排水系统三部分组成,通过植入土中的钢管与面层网喷混凝土相连,起传力、约束和注浆加固土层的作用,在含水软土地层,采用水泥土搅拌桩帷幕止水(作为坡面防护)和井点降水措施,改善土的物理力学指标,利用管钉的锚固作用提高土体的自稳能力,防止基底隆起、管涌和渗流,确保基坑的安全。管钉复合支护型式见图1。

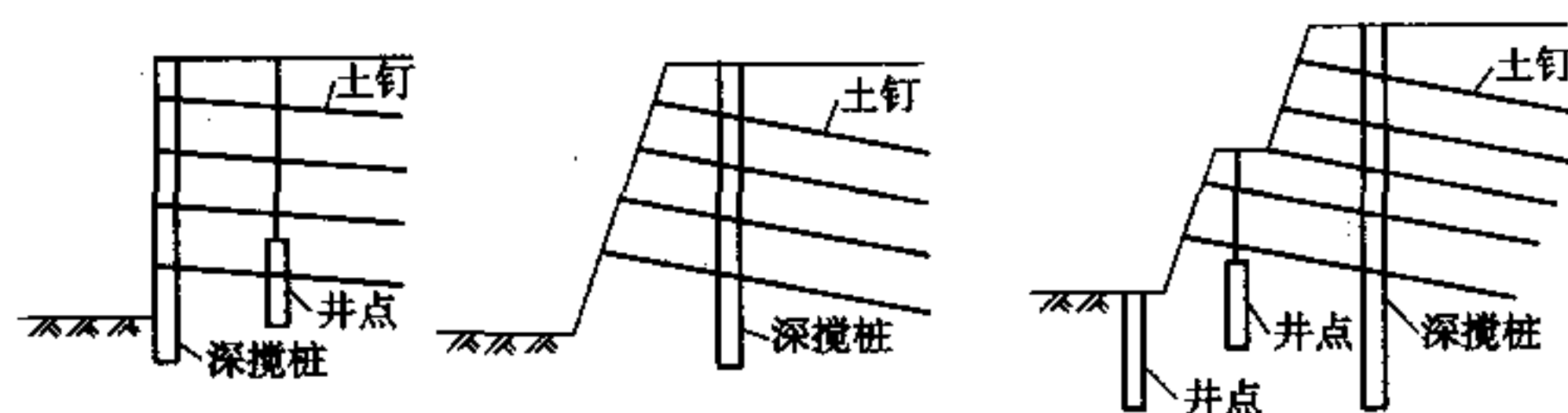


图1 管钉复合支护型式

(二)工艺流程(见图2)

(三)施工要点

1. 止水帷幕的设置

浅部止水是利用黏土层层位稳定上层潜水不易下渗的特点,对一定厚度的淤泥质黏土和粉土采用深搅桩作为止水帷幕,深搅桩的插入深度按控制管涌的要求计算确定,达到浅层止水、改变土质条件的目的。

水泥搅拌桩施工选用双轴深搅机,其优点是施工进度快,搭接接头少,防渗效果好。深搅桩施工时桩位偏差不大于20mm,垂直度偏差小于1.0%;水泥掺量为15%~18%,水灰比0.4~0.5;搅拌轴提升速度

不超出 0.5m/min;压浆速度应与提升速度相配合,确保额定浆量在桩身范围内均匀分布;保证连续泵送浆液,不得中断。

2. 施工降水

软土含水地层管钉支护,基坑开挖前必须降水。

上层潜水采用井点降水结合明挖明排,下层承压水按浅层密布井原则设置管井,将水位降至底板下 0.5~1.0m。施工时注意以下几点:

降水应在基坑开挖前 15d 开始;井管采用 $\phi 360$ 无砂混凝土管,其孔隙率不小于 25%;钻孔时孔径比管径大 0.3m;钻孔深比管底深 1.0m,钻进时应取土样,并做好记录;滤料投放前应清孔洗井,投放量不应小于计算量的 95%。

3. 基坑开挖

基坑开挖分层分段进行,横向从两侧向中间开挖,纵向后退式开挖,边坡和坑底留 30~50cm 的土体采用人工清理,以减小对坡面和坑底的扰动。

竖向分层与土钉设置相配合,开挖一层,支护一层;纵向分段与结构分段相一致,挖至设计标高后,及时浇注垫层封底。

在基坑开挖过程中,只有当上层管钉注浆体及喷射混凝土面层强度达到设计值的 70% 后方可开挖下层土方。严格控制每层的开挖深度,严禁超挖。

开挖、支护、降水、结构施工应紧密配合,紧凑衔接。

4. 管钉施工

(1)管钉施工工艺流程 分层挖土修面→初喷混凝土封闭→引孔压入管钉→注浆→坡面挂网→二次喷混凝土→进入下一循环。

(2)施工方法

①坡面修整采用人工配合机械进行,严禁超挖。

②坡面初喷厚 30~50mm 的 C20 级混凝土封闭,喷射作业分段、分片进行,喷射顺序自下而上,段与段、片与片的终端,喷射成 45°的斜坡,以便喷射混凝土牢固地连成整体。

③在边坡上作好孔位标志,采用土层锚杆钻机钻孔,然后顶入管钉,管的水平间距为 1m,排距为 1.4m。

④注浆:钉管为 $\phi 48 \times 3500$ 的钢管,周面带孔,端部密闭,采用恒压注浆,注浆压力为 0.5~0.8MPa,流量不大于 5L/min。在孔口部位设置止浆塞。

⑤编网网片规格为长 1800 宽 1300,网格尺寸为 20cm \times 20cm,网片钢筋为 $\phi 8$ 带肋冷轧钢筋,用扎丝扎牢。

⑥管顶端部与面层钢筋网的连接用 4 根 $\phi 20$ 短钢筋成“井”字形焊接。

⑦面层混凝土分两次喷射,每层混凝土厚 5~8cm。

五、机具设备(见表 1)

表 1 机具设备

序号	机具名称	规格型号	单位	数量
1	双轴深搅机	SJB-2	台	2
2	锚杆钻机	MG-50	台	2
3	空压机	Vhp400	台	2
4	湿喷机	Tk-961	台	1
5	水泥搅拌机	350 型	台	2
6	注浆机	YBS50/52	台	1
7	直流电焊机	BX-400	台	3
8	钢筋切断机	GQ40-2	台	1
9	潜水泵	XQY-15	台	30

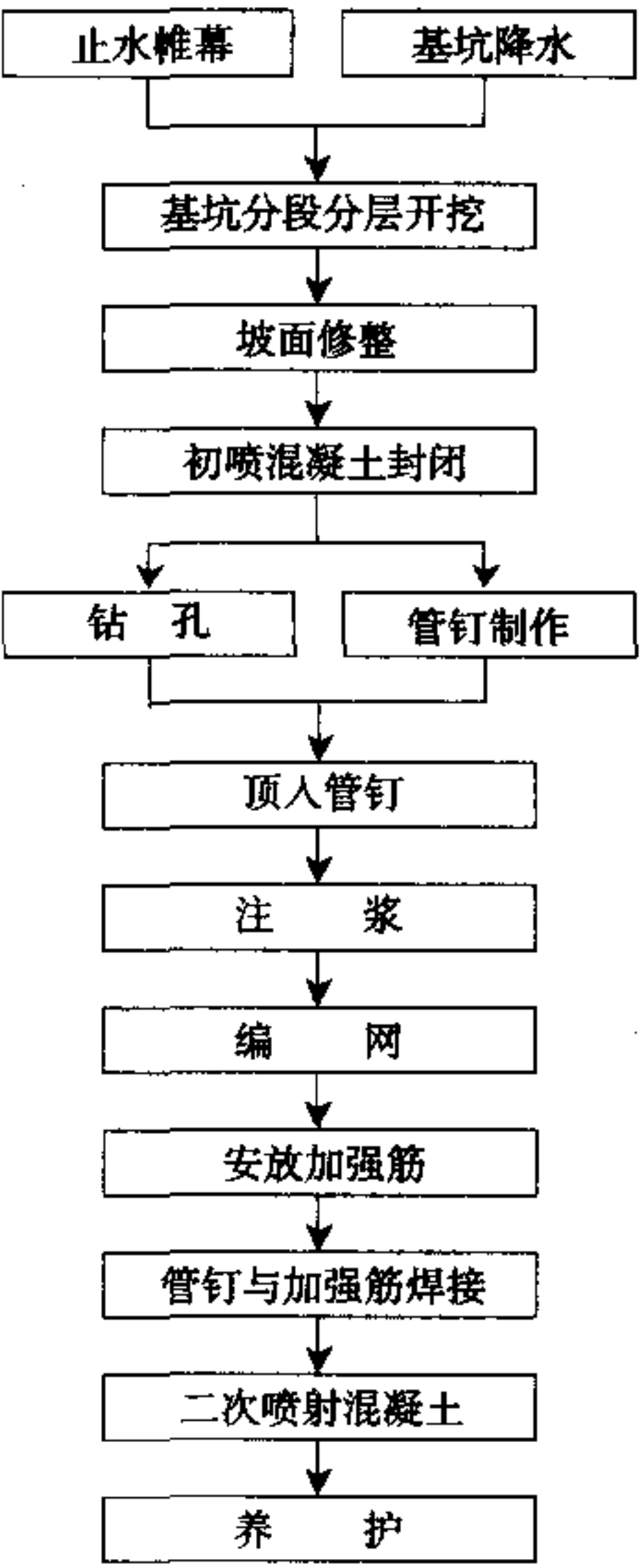


图 2 工艺流程

六、劳动组织(见表2)

表2 劳动组织

序号	作业班组	主要工作内容	人数
1	现场管理人员	现场组织、指挥和协调	1
2	技术人员	施工方案编制和实施	3
3	测量员	现场测量控制	2
4	试验员	各种原材的检测,喷射混凝土配合比的选定,现场试件的制作及强度试验等	2
5	钻孔班	管钉引孔	6
6	喷射混凝土班	初喷和复喷	9
7	钢筋班	管钉的制作和安装,加强筋的焊接	8
8	注浆班	水泥浆的制备及管钉内注浆	6

七、质量控制

- 1. 按国家行业标准《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120—99)有关要求控制水泥搅拌桩质量。
- 2. 根据需要进行管钉抗拉拔试验,拉拔试验数应为每典型土层三根,长9m管钉抗拔力不小于40kN。
- 3. 防渗帷幕采用连续搭接的施工方法,搭接处宽度不小于20cm。
- 4. 管钉定位误差上下左右均小于15cm,倾角误差小于3°。
- 5. 管钉置入后,应立即进行注浆并封闭,以避免水土流失。
- 6. 发现坡面局部有渗漏水时,应采取堵排相结合的措施,即埋管引水与注浆止水,确保基坑及周边建筑物安全。

八、效益分析

- 1. 社会效益 软土深基坑采用管钉复合支护,是一项大胆的尝试,通过施工实践,总结出“分段要短、分层要薄、开挖要欠、植钉要静、注浆要满、封闭要快”的24字原则,为今后类似工程提供了切实可行的施工方法。
- 2. 经济效益 施工简便,效率高,且适用性强,具有其它围护结构不可比拟的优点。其造价为8000元/延m,仅为混凝土排桩支护的1/2,地连墙的1/3。

九、工程实例

奥体中心站是南京地铁西延线的起点站,全长625m,由车站及前、后折返线三部分组成,采用明挖顺作法施工,基坑深9.5m,基坑围护设计采用二级放坡加管钉复合墙支护体系;开挖边坡与水平方向夹角接近60°,边坡中部设2m宽马道;在基坑外侧2m设止水帷幕,深搅桩径700mm,长15m,间距50cm,水泥掺量18%。管钉长度上部为9m,基坑底部一排为12m,管钉直径48mm,壁厚3.5mm,间距1.0m×1.1m,采用两次注浆工艺,第一次注水泥浆,第二次注水泥砂浆。坡面铺设20cm×20cm、φ8冷轧带肋钢筋网,管钉部位设φ20井字压筋,喷射10cm混凝土进行防护,详见图3。

1. 基坑监测

本工程施工过程中,对基坑开挖的各阶段工况进行了监测,坡顶最大沉降41mm,最大位移38mm,坡脚最大位移26mm,满足设计要求,基坑边坡处于稳定状态,说明管钉复合支护参数是合理的。

2. 存在问题及采取措施

由于工程地质和水文地质的复杂,设计支护参数与实际工况有一定的差异,在奥体中心站基坑管钉支护施工过程中曾出现过一些问题,我们及时调整支护参数,采取相应的工程措施。

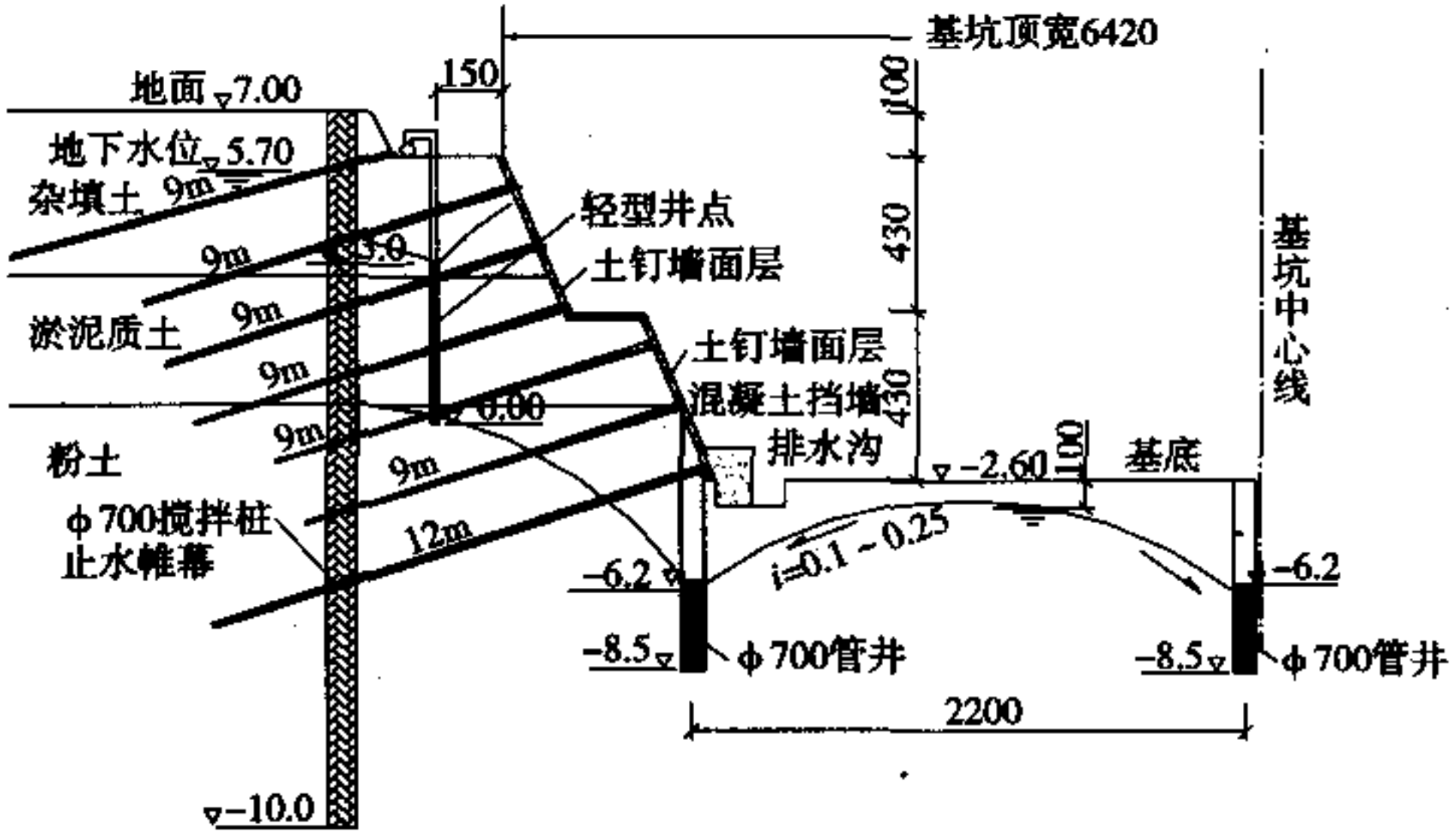


图3 管井布置及基坑分层开挖(单位:cm)

(1) 边坡开裂、位移

原因分析:由于淤泥质土的软~流塑特性,侧向出现临空面后,随着挖深的增大,在上部土压力作用下,逐渐变形,向基坑里移动,引起上层杂填土位移开裂。而地表水渗入裂缝内,起到润滑作用,加速裂缝的开裂直至失稳滑塌。从地表开裂位置来看,正好是管钉端头附近,说明管钉偏短。

处理措施:

- ①在马道与边坡的交角处设竖向管钉,将其与锁角管钉焊在一起,控制土体的位移;
- ②地表裂缝填流动性较好水泥砂浆,既可粘结土体,又可止水;
- ③加长上层两排管钉,增加管钉支护的强度;
- ④在地表裂缝向外 10m 设竖向锚桩,用钢筋将锚桩与边坡上的锚杆连成一体并预加一定的拉力。

(2) 边坡涌水

原因分析:长管钉穿过深搅桩,破坏了止水帷幕,造成地下水沿管钉孔进入基坑。

处理办法:在涌水地段边坡止水帷幕外侧打入竖向花管注双液浆,最后在管钉内注浆封堵。

(3) 坡面隆起

原因分析:软流塑状淤泥层强度低、具有压缩性、蠕变性,自稳时间短,稍有扰动易出现流淌现象,且支护的早期强度不足。

处理办法:减小基坑开挖分段长度和分层厚度,及时封闭,加密土钉间距,在每一根水平管钉附近增加竖向短管钉并连接在一起,用袋装土逐层堆码反压,再挂网喷射混凝土,阻止土体流失。

本工程自 2002 年 12 月开工至 2003 年 6 月基坑开挖完成,经过了 2 次持续大暴雨的考验,基坑处于稳定状态,未出现大的险情,证明软土地层基坑管钉复合支护是可行的。

执笔:黄庆华 龚洪祥 杜 敏