

水泥土结合微型桩支护技术在软土深基槽中的应用

刘永鑫 刘腾飞 乔凤阳 程建东 董良哲 李义焱 乔佳 艾华亮^{通讯作者}

青岛业高建设工程有限公司

摘要: 软土地层深基槽需要直立开挖, 一般采用排桩+水泥土止水支护技术, 本文介绍了在该地层条件下, 采用了水泥土+微型桩的复合支护结构, 厚度较大、刚度很强既挡土又止水, 使用了预应力锚索锚拉抵抗水土侧压力, 经过精心设计精心施工, 基槽安全稳定、环保经济, 为类似工程提供参考借鉴。

关键词: 多排搅拌桩; 嵌岩微型桩; 预应力锚索; 注浆袋

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.07.056

一、前言

随着城市的高速发展, 建设工程正在向河海漫滩推进, 河海漫滩特有的淤泥地层地质条件, 促使施工技术随着城市的发展不断革新。

青岛市经济技术开发区临胶州湾某基建工程深基槽是典型的软土地层基槽工程, 在该项目中采用了水泥土+微型桩的复合支护结构, 支护效果良好, 较之常规排桩+水泥土支护结构经济型明显, 为软土地层的深基槽支护技术的发展提供了宝贵的经验。

二、工程概况

拟建场地位于青岛市经济技术开发区太行山路附近。现状地表标高整平至4.5m, 基底标高-1.75m, 基槽深度6.25m, 基槽周长约470m, 基槽安全等级一级。

三、工程地质、水文地质与环境条件

(一) 岩土层及其工程特性

第①层: 杂填土(Q4m1)

杂色, 稍湿, 松散~稍密, 成分以碎石、砖块、砼块、煤渣等建筑垃圾为主, 表层多有30~40cm砼地面, 局部表现为素填土, 以岩石风化物为主, 密实度较好, 经调查访问其回填时间约10年。该层在场地范围内分布广泛, 厚度1.50~3.30m, 平均厚度2.58m, 层底标高1.31~2.62m, 层底埋深1.50~3.30m。

第④层: 砾砂(Q4mh)

灰黑色、青灰色, 饱和, 松散~稍密, 有腥臭味, 由长英质矿物、花岗岩砂粒组成, 见有贝壳, 混淤泥或淤泥质土约10%~15%, 局部为淤泥质土混砂。

该层在场地范围内分布广泛, 厚度2.50~3.60m, 平均厚度3.00m, 层底标高-1.70~-0.50m, 层底埋深4.50~6.10m。

第⑥层: 淤泥质粉质黏土(Q4mh)

青灰色~灰黑色, 流塑~软塑, 以软塑为主, 见贝壳, 有腥臭味, 钻探进尺迅速, 局部相变为淤泥质粉土、淤泥质粉砂。该层在场地范围内分布广泛, 厚度2.60~4.60m, 平均厚度3.59m, 层底标高-6.07~-3.63m, 层底埋深7.60~10.40m。

第16层: 强风化花岗岩

黄褐色、肉红色, 裂隙发育, 呈散体~碎裂状, 岩芯手捻呈砂土~砂砾状, 矿物成分以石英、长石为主, 采用合金钻头泥浆护壁循环钻进容易, 进尺速度50~90cm/min。该层在勘察过程中各孔均有揭露, 但未揭穿, 最大揭示厚度10.00m。

(二) 水文地质条件

依据区域水文地质资料和本次勘察资料, 拟建场地地下水类型以第四系孔隙潜水为主, 基岩裂隙水为辅。

①第四系孔隙潜水: 主要赋存于第①层、第④层中, 地层渗透性较强, 接受大气降水垂直入渗和侧向径流补给, 蒸发和侧向径流排泄。勘察期间属枯水期, 实测稳定水位埋深0.40~1.90m, 水位标高2.84~3.12m, 水位年变化幅度约1.0~2.0m。

②基岩裂隙水: 主要以层状、带状赋存于基岩强风化带裂隙密集发育带中, 富水性差, 水位不连续、不均匀, 接受大气降水和侧向径流补给。

(三) 周边环境条件

基坑东侧、北侧紧靠道路, 道路埋有污水、给水、热力、电信管道。南侧靠近正在使用的厂房, 拟建地下室外墙线距离最近建筑物9.4m, 靠近基坑一侧建筑物均为条形基础, 基坑西侧靠近待拆除的场地, 其中距离基坑地下室外墙线最近的烟筒约26m; 西北侧靠近换热站泵房, 距离拟建地下室2m, 占用地红线范围内约2.5m。

四、基槽支护方案

根据基槽周边环境、工程地质和水文地质条件、基

槽开挖深度，基槽安全等级，为了满足基槽的整体稳定性，分别对桩锚支护体系方案 and 水泥土+微型桩复合土钉墙支护体系方案进行了经济、安全分析和详细的论证计算，最后选用了更加经济的水泥土+微型桩复合土钉墙支护体系，把整个基槽划分为3个单元。详见图1，典型支护剖面见图2。

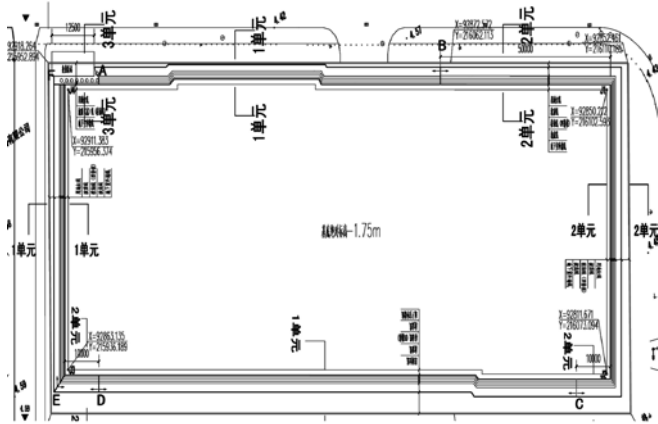


图1 基坑支护平面图

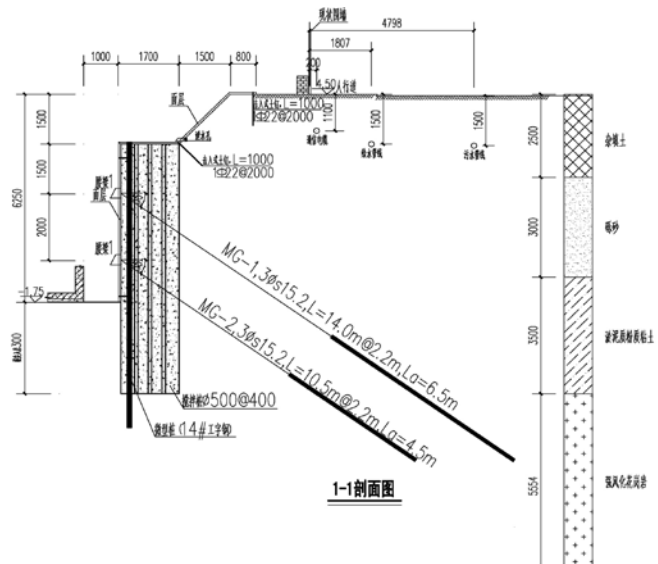


图2 典型支护剖面图

五、施工工艺与要点

本工程施工内容主要有水泥土搅拌桩、微型桩、预应力锚杆、冠腰梁分部分项工程。

(一) 施工工艺流程

(二) 水泥土搅拌桩施工

1. 水泥搅拌桩施工采用四搅两喷工艺。第一次下钻时为避免堵管可带浆下钻，喷浆量应小于总量的1/2，严禁带水下钻。第一次下钻和提钻时一律采用低档操作，复搅时可提高一个档位。每根桩的正常成桩时间应不少于40分钟，喷浆压力不小于0.4MPa。

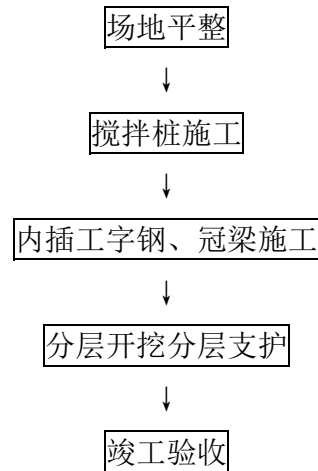


图3 施工工序流程图

2. 为保证水泥搅拌桩桩端、桩顶及桩身质量，第一次提钻喷浆时应在桩底部停留30秒，进行磨桩端，余浆上提过程中全部喷入桩体，且在桩顶部位进行磨桩头，停留时间为30秒。

3. 在搅拌桩施工过程中采用“叶缘喷浆”的搅拌头。这种搅拌头的喷浆口位于搅拌叶片的最外缘，当浆液离开叶片向桩体中心环状空间运移时，随着叶片的转动和切削，浆液能较均匀地散布在桩体中的土中。长期使用证明，“叶缘喷浆”搅拌头能较好地解决喷浆中的搅拌不均问题。

4. 施工中发现喷浆量不足，应及时整桩复搅，复喷的喷浆量不小于设计用量。如遇停电、机械故障原因，喷浆中断时应及时记录中断深度。在12小时内采取补喷处理措施，并将补喷情况填报于施工记录内。补喷重叠段应大于100cm，超过12小时应采取补桩措施。

(三) 微型桩施工

微型桩设计孔径180mm，间距1.1m，桩芯采用14#工字钢，采用取芯方式钻孔施工，要求入岩1m，纯水泥浆灌注。

(四) 预应力锚杆施工

1. 采用套管锚杆机钻进成孔，因锚杆需要入岩，所以锚杆钻机需要带有后冲击工艺；

2. 进行钻孔深度比设计多进50~80cm。

3. 钻孔至要求深度后，置入组立完整之钢绞线连同注浆管到孔底；将注浆管置入孔底后开始第一次注浆，直至水泥浓浆由孔口溢出为止。

4. 注浆材料采用纯水泥浆，注浆浆液应搅拌均匀，随搅随用，浆液应在初凝前用完，并严防石块、杂物混

入浆液。注浆作业开始和中途停止较长时间，再作业时宜用水润滑注浆泵及注浆管路。

5. 套管内注浆饱满后进行套管拔出，每拔三根套管补浆一次，到套管全部拔出补浆到孔口溢浆为止；然后将钢绞线外拔50~80cm（目的a. 可排出浆体中的空气，b. 使钢绞线尾部充满浆体并与泥土完全隔离）。

6. 在第一次注浆后4~6小时（依气候等因素现场确定），注浆袋封孔，实施二次压力注浆，以25kg/m水泥浆或保压1.5MPa约3分钟（具体时间现场确定）为准。

7. 水泥浆体养护（时间一般为14天），依设计要求张拉锁定，并进行补偿张拉。

基坑施工实景图见图4。



图4 基坑施工实景图

六、变形监测

为了对该基槽支护设计和施工效果进行监测，用监测数据指导现场施工，进行信息化施工，使施工组织设计得以优化，在基槽顶部每隔20m安置一个监测点，共设置20个监测点。水平位移随监测时间的变化情况如图5所示。

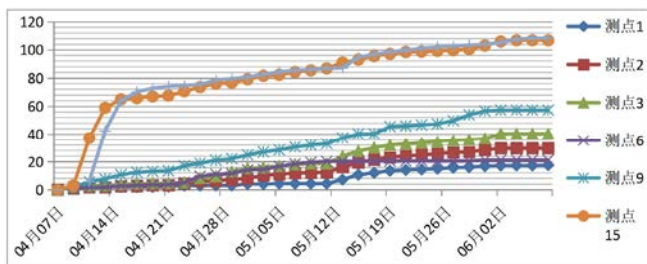


图5 水平位移监测折线图

以上观测数据为每间隔3天进行一次水平位移观测的典型数据代表，其他时间的观测数据未列入表内。测

点1为桩锚支护体系上的观测点，其余为复合土钉墙支护体系上的观测点，从监测数据中可以看出，桩锚支护体系水平位移控制在基坑深度的3%以内，而复合土钉墙支护体系水平位移已超出基坑深度的3%。本工程复合土钉墙支护体系虽然在开挖过程中变形偏大，局部因未及时支护造成变形过大，开挖后期变化速率均匀，最终趋于稳定。因此，基坑支护设计和施工达到了安全稳定的效果。

结语

目前，沿海城市的快速建设直接推动着大量软土基槽的产生。本工程作为典型软土基槽，采用水泥土结合微型桩支护体系应用实例较少，在本项目总结了如下可供借鉴的经验：

(1) 水泥土重力式挡墙高宽比宜为1: 0.6~0.8，加设微型桩和锚杆后，高宽比可以降至1: 0.4，微型桩采取成孔方式时，应进入搅拌桩底以下一定深度，增加嵌固深度，增强支护结构稳定性。

(2) 软土地层中，水泥土搅拌桩形成的重力式挡墙由于其自身刚度差，抗剪能力弱，成桩后强度低，因此建议对其采取插筋或微型桩加强，面层喷网处理，增加自身刚度和抗剪能力。

(3) 预应力锚杆锚固段要求入岩，增加锚杆的锚固力，且成孔角度不宜过大。由于软土土摩阻系数小，锚杆角度过大时，易导致锚杆竖向分力过大，造成锚杆在张拉过程中出现腰梁及锚头不均匀程度下滑。一旦下移就会反作用于锚杆的预应力锁定值，导致边坡水平位移过大。因此，锚杆成孔角度过大时，必须采取可靠的固定措施防止其下滑。

(4) 软土基槽边坡开挖后坡面虽然平整，但由于摩阻力过小，不建议采用钢梁，建议采取钢筋混凝土梁。

参考文献

[1] 李永辉, 赵义诚, 夏梦. 微型桩在新型SMW工法中的应用研究[J]. 中国农村水利水电, 2008(3): 118-121.

作者简介: 刘永鑫(1995年5月10日), 男, 汉族, 山东省青岛市, 工程师, 主要从事结构工程。

通讯作者简介: 艾华亮(1987年9月8日), 男, 汉族, 山东省济阳县, 高级工程师, 主要从事岩土工程、结构工程。