

复杂环境软土地质下深基坑围护选型及施工技术研究

魏庆海

上海嘉定新城发展有限公司

摘要：近年来随着我国城镇化发展的推进，城市用地日益紧缺城镇要建造大规模的高楼，对于基坑围护的要求越来越高。本文以嘉定马陆学校工程为例，首先对基坑围护选型进行分析比选，然后针对城市核心区、软土地基条件下，分析研究基坑施工技术，希望能为类似工程中的应用提供一些借鉴。

关键词：建筑工程；深基坑；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.19.020

一、工程概况

（一）地理位置

本工程嘉定马陆27-2地块学校工程位于上海市嘉定区嘉定新城马陆社区，西至永盛南路，南至崇教路，东至待建康年路，北至待建崇福路。毗邻已建成的峻丰玲珑坊西苑及佳兆业壹号。

（二）建筑结构概况

本工程项目包括1#楼小学部、2#楼文化中心、3#楼中学部、4#楼综合楼，5#楼垃圾房、6#楼连廊，7#门卫，室外道路广场、运动场地、绿地、室外管线，围墙等配套设施，建设用地面积46166m²，总建筑面积42428.97m²。

（三）水文地质概况

拟建场地外北侧分布有近似东西走向新第二塘河，人工护坡，岸坡稳定，现状河口线距离拟建中学部及小学部建筑边线最近约30m，对本工程建设影响不大。

潜水：本工程地下水属于潜水类型，由于地处上海，所以地下水主要依靠大气降水来补给。影响水位的因素有很多，主要是季节气候、降水量等。经过前期的勘察测得，这个区域水位稳定在1.03m~1.70m，相应水位高为2.71m~3.74m。场地浅部地层②，层、③r层为潜水含水层，渗透性好，水量丰富。

承压水：本工程承压水主要包含在深部第⑦层砂质粉土和深部第③2层黏质粉土中。本工程基坑开挖最大深度为5.60m，通过计算以及长时间的观测资料对比，本基坑开挖时土体相对稳定，不会发生突涌。根据本地区长期观测的相关资料，承压水位普遍均低于潜水位，通常变现出周期性的变化，埋深一般为3.0~12.0m，

地质：本次勘察在所揭露5.75m深度范围内的地基土均属第四纪沉积物，岩性主要由黏性土、粉性土组成。

（四）周边环境概况

拟建场地北侧为规划崇福路，主要为空地，空地以北为新第二塘河；东侧为规划康年路，现为居民通行临时道路，道路以东为“佳兆业壹号”住宅小区；南侧为已建崇教路；西侧为已建永盛南路。南侧崇教路道路红线距本工程拟建2层综合楼最近约68m，西侧永盛南路道路红线距本工程拟建地下车库边界线最近约13m，已建永盛南路、崇教路道路沿线地表地下分布有电力、通信设施、雨污水、光缆等管线，周围复杂的环境要求基坑的施工要特别注意。

二、基坑围护选型对比分析

（一）基坑围护选型比选

1. 地下连续墙

挖深较大（15m以上），周边环境复杂的情况下比较适合使用这个方案，主要优点是刚度大，基坑变形小，施工简便，对周边环境保护较好，缺点是对于一些面积大周长长的基坑造价贵，经济上不占优势。

2. 灌注桩

挖深较大（8m~15m），周边环境复杂的情况下比较适合使用这个方案，主要优点是施工工艺简单比较成熟，质量较好控制，造价也适中。缺点就是泥浆污染不环保，现场环境差，止水效果不好需要加设止水帷幕。

3. PC工法桩

挖深6m~8m情况下比较适合使用这个方案，主要优点是施工速度快，主材可回收污染少，适用各种地质条件，质量易控。缺点就是市场供应紧张，尺寸订好了不能微调，后期拔桩需要场地条件。

4. 重力坝

挖深小于6m情况下比较适合使用这个方案，主要优点是结构简单、对地质地形条件实用性好。缺点是需要对设备行走区域场地硬化。

5. 放坡开挖

挖深较小、周边空间大的情况下适用该方案，主要优点是施工方便、价格低。缺点是土方开挖回填的量，安全稳定性不好，施工周期长。

（二）本工程基坑选型

本工程4#楼综合楼地下一层为基坑区域，基坑面积为5280平方米，基坑周长为340米。整个场地的自然地面的标高为-0.100m（本工程±0.000相对于绝对标高+5.200m）。地下车库底板厚500mm/1000mm，底板面标

高为-4.800，底板下设100mm垫层。

针对本工程基坑的面积、深度、周边环境情况，结合类似工程施工经验，本基坑围护结构采用重力式挡土墙围护形式，局部使用双轴搅拌桩进行加固。搅拌桩类型为Φ700，间距1000，内插钢管钢筋，局部内插型钢。

三、工程难特点

（一）周边环境复杂，保护要求高

基坑周边存在电力、通信设施、雨污水、光缆等管线，对施工安全有一定的要求。

应对措施：施工前进行深入的勘察，有必要的需要进行搬迁和保护。

（二）基坑开挖深度深，控制难度大

地下室基坑面积约5280m²，基坑普遍挖深4.95m，局部挖深6.75m，根据《危险性较大的分部分项工程安全管理办法》，本工程深基坑施工属于超过一定规模的危险性较大的分部分项工程。

应对措施：施工前需要编制专项施工方案并通过专家评审才能施工；施工时要严格按照方案要求进行施工，并做好基坑数据监测，如数据报警可及时采取应急措施；过程中派人专人进行检查，及时处理危险情况。

（三）工程工期紧张，施工要求高

整个工程工期为15个月，深基坑位置为地下一层地上四层的体育馆，是整个工程的关键，基坑的进度将影响的整个工程的按时完成。

应对措施：按照要求分析场地条件，合理安排施工部署，区域划分，流水作业。

四、关键施工技术

（一）总体施工部署

充分考虑施工进度节点的要求以及场地的现状，根据基坑形状尺寸分为南北两个区域，按照分区施工、统筹治理的原则，总体的顺序是先南区后北区。

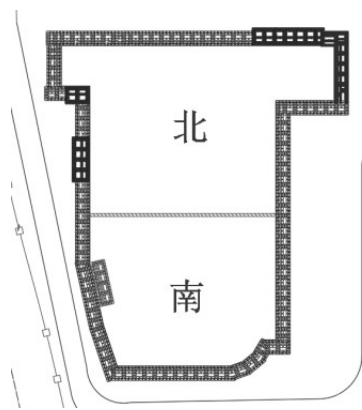


图1 基坑平面图

施工总流程：工程桩施工→围护桩施工→型钢重力

坝施工→坑内加固、压密注浆→基坑降水→南区土方开挖→南区基础底板→北区土方开挖→北区基础底板→基坑地下结构施工、回填→上部结构施工

（二）双轴搅拌桩施工技术

搅拌桩施工前，需要对机械设备进行检查，主要包括桩架、搅拌头等等。

施工前要熟悉地勘报告，如发现障碍物影响围护施工，必须提前进行清障处理。

施工过程中必须时刻注意数据的测量，位置、标高必须满足设计要求的允许误差范围内。

围护桩施工工艺为二喷三搅工艺，即：第一次下沉（搅拌）——第一次提升（喷浆）——第二次下沉（搅拌）——第二次提升（喷浆）——第三次下沉（搅拌）——搅拌提升（完成）。施工过程中需要严格控制施工的方量，不得大于100m³/24h。

现场施工前必须进行试桩，要在监理单位的见证下进行，详细记录相关的参数，包括下沉的时间、提升的时间、材料的用量、垂直度等等。根据试桩的记录，结合设计要求，选取最合适的用到施工中的参数。

围护桩施工要保持连续尽量不得中断，如发生不可避免的中断12小时以上的冷缝，必须进行补强后再继续施工。

搅拌桩下沉时依靠搅拌头来钻进，如果发现钻进困难，需要冲入水泥浆，不得直接用水进行湿润。

施工至建筑物或者管线周围时，必须小心谨慎，适当地放慢施工的速度。

桩体施工完达到28天龄期后随机选取1%（不少于3根）的搅拌桩进行钻芯取样，检查搅拌桩的成桩长度和强度等。

（三）降水施工技术

本工程基坑降水采用轻型井点降水，共布置共计12套轻型井点降水，降水可有效地降低坑内的地下水位和浅层土体的含水量，提高土体的抗剪强度和稳定性，防止基坑开挖时出现流砂、管涌等现象，为基坑创造安全、方便的条件。

具体降水措施如下：

a、开挖前沿基坑周边打设8套轻型井点，底板完工后土方回填后方可拔除。

b、坑内布置临时轻型井点4套，随挖土进程逐套拔除；

c、基坑内设明排水沟与局部深坑连接。

d、坑外沿围墙一周设置地表明沟，抽出的水排至基坑外明沟并不得产生回流，再经三级沉淀池排入市政管网。

（四）挖土施工技术

本工程4#楼综合楼地下一层为基坑区域，基坑面积为5280平方米，基坑周长为340米。整个场地的自然地面的标高为-0.100m（本工程±0.000相对于绝对标高+5.200m）。地下车库底板厚500mm/1000mm，底板面标高为-4.800，底板下设100mm垫层。土方开挖工程量约为26037m³。

基坑按照后浇带分为南区和北区两个分区，开挖顺序为南→北依次开挖并施工地下结构，搭接条件为前一区底板浇筑完成。基坑挖土施工时必须严格按照施工方案进行，严禁超挖，放坡到位，严禁边坡土方滑坡情况发生。

(1) 土方开挖的前提条件是必须等围护达到设计要求的强度，坑内降水达到底板垫层底最起码500mm以下。

(2) 土方开挖前必须先进行技术复核，主要是开挖区域的位置、标高，避免错挖漏挖影响施工进度。

(3) 挖土施工过程中，必须严格按照分层分段开挖，尽量做到对称开挖。

(4) 土方开挖必须按照方案要求的坡度进行放坡开挖，二级放坡，坡度太陡容易造成塌方，造成安全隐患。开挖时时刻注意土体的稳定情况，基坑围护是否稳定，如发现围护突出、发现裂缝、渗水等情况，应立即停止开挖，采取相应措施。

(5) 土方开挖时，要保证土体稳定，不得在附近堆放重物，不得超过20kN/m²。

(6) 基坑土方开挖的流程、开挖的方式必须严格按照评审方案的要求进行施工，严禁超挖。开始使用挖机进行开挖，预留100mm高度的土方进行人工开挖，方便标高的控制。

(7) 土方开挖时，挖到垫层底时，要及时进行垫层浇筑，避免坑底暴露过长时间。垫层需要浇筑到基坑围护的边，能够形成整体，加强围护侧向的支撑，减少围护的侧向受力。

(8) 基坑开挖前降水必须达到设计要求，水位要保持在底板垫层下500mm以下，开挖过程中不能停止降水，必须时刻水位观测井。坑内排水也必须保持通畅，排水沟、集水井要按方案要求设置。

(9) 当基坑施工处于多雨季节，必须多加注意，特别是场地的排水是否通畅，边坡是否稳定。排水沟、挡水堤这些都是必须要检查的，如果发现存在问题，一定要及时处理。

(10) 基坑周边号楼应先完成底板，再进行相邻基坑开挖；深基坑底板完成前，相邻号楼上部结构控制在3层以下。

(11) 基坑土方开挖分段长度应不大于40m，分层

厚度不大于3.0m，临时边坡不大于1:2，土坡平台宽度应大于2.0m，且做好边坡防护、排水等工作。

五、基坑监测数据分析

基坑施工过程中，除了要派人多检查围护、边坡、排水等情况，还需要通过动态科学的数据监测来掌控安全状况。数据监测主要通过围护的水平位移、竖向位移，周边建筑或者管线的位移，来反映基坑的安全状况。当日变化量和累计总量达到报警值时，立即通知有关各方采取相应措施，控制变形量的发展，确保对基坑围护体系及周边环境安全进行有效监护。通过有效监测和分析，为信息化施工提供指导。

选取一个典型点位的深层水平位移曲线图如下图，分析可知从地面往下一直到基坑底部的位置，水平位移是逐渐变大的。由此可见，变形最大的位置是基坑底部，这就要求挖土完成后及时浇筑垫层，加快底板的施工。底板形成的越快，对于整个基坑的稳定性越好。

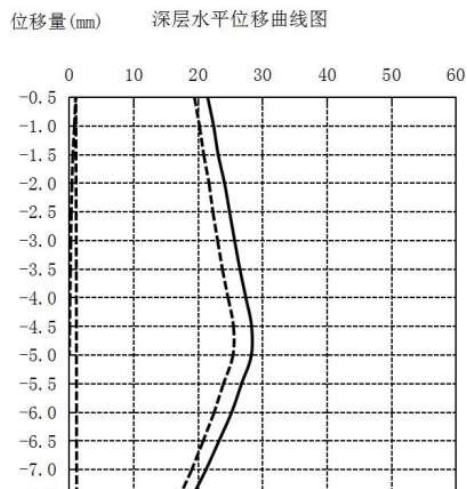


图2 深层水平位移曲线图

一旦发现变形速率及变形值增大，应立即停止开挖，对土方开挖顺序进行调整，让围护桩体侧土体尽可能减少暴露时间，并根据变形的部位和原因采取增设钢支撑和其他相应的有效措施。

六、结语

本文通过基坑围护常见的选型比选，结合实际工程分析施工技术要点，确保施工质量安全同时进度又能得到保证，为类似工程提供借鉴。

参考文献

[1] 富华. 浅议软土地基的深基坑支护形式的选择[J]. 建筑科学, 2011(16): 81.
[2] 朱书平. 深基坑支护工程施工技术分析[J]. 住宅与房地产, 2020(6): 235.
[3] 陈志军. 高层建筑深基坑施工的技术分析[J]. 住宅与房地产, 2018(22): 142.