

深厚花岗岩球状风化系地层地连墙施工问题及应对措施

崔征轩

中国水利水电第十一工程局有限公司 广东揭阳 515300

摘要: 厚度约20m的花岗岩球状风化系地层中,孤石、软硬不均匀、硬夹层或透镜体极为普遍,严重影响地连墙成槽施工,导致成槽机无法正常作业,对槽壁稳定性也极为不利。通过工艺优化和施工组织措施,采用旋挖机为主要设备进行成槽作业,采用泥浆性能控制和作业面调配作为主要辅助措施,较为有效的解决了不良地质条件下的地连墙成槽问题,取得了较好的综合效益。

关键词: 花岗岩球状风化系;孤石;不良地质;地连墙;成槽工艺

广东省境内某项目基坑深度15.5m、面积5009m²,支护设计形式为内支撑的地下连续墙,墙体宽度4.0m、厚度1.0m、成槽深度35.5m。项目地质条件为典型的华南地区花岗岩地质,地表下10~30m范围内球状风化极为普遍。该地层下的地连墙成槽和槽壁稳定问题成了项目成败的关键,相应的施工经验和教训也极为深刻。

一、工程地质条件

项目地形地貌为山前冲积平原,地形起伏小,地面高程约19.0m~20.0m。

1. 地层岩性

根据地层成因类型及组成物质不同,地表以下不同深度依次为第四系覆盖层、花岗岩风化壳、花岗岩基岩。详细的地层剖面依次是:①耕植土厚约0.5m~1.0m,整个场地表层均有分布;②可塑黏性土厚度0.4m~2.4m;③稍饱和密中粗砂厚约0.4m~4.0m,该层颗粒不均匀,局部含有砾砂或少量泥质;④软塑状淤泥~淤泥质土厚度0.5m~4.5m;⑤饱和稍密中粗砂厚度0.7m~5.9m,颗粒不均匀,局部夹泥质、淤泥质土;⑥软可塑~可塑状砂质粉质黏土厚度0.8m~4.7m,局部夹淤质粘土;⑦饱和和稍密~中密中粗砂厚度0.9m~5.6m,颗粒不均匀;⑧可塑状态坡积层厚0.8m~6.5m,呈砂质粉质黏土状;⑨花岗岩风化带厚9.8m~40.9m,黏性差,泡水易崩解。该层带常见夹较多大小不一的球状风化体,为弱风化花岗岩残留体。⑩花岗岩强风化带厚0.2m~12m,岩体风化极烈,裂隙发育,岩体破碎,强度低,常见球状风化体;⑪花岗岩弱风化带。

2. 水文地质

场区地下水类型分为两种,其中第四系松散沉积物

孔隙性潜水,地下水位埋藏较浅,一般埋深1m左右,场区中粗砂地层为主要储水层,含水量丰富,透水性强,其他土层透水性微弱。下伏花岗岩基岩中主要为裂隙水。

场区地下水主要接受大气降水补给。场区一侧约10m紧邻地方排洪渠,基坑开挖期间也是主要的地下水补给区。

二、主要问题及施工影响

工程初始阶段采用旋挖引孔,然后抓槽机三抓成槽的成槽工艺。但施工初期即发现地表10m以下有大量孤石,抓槽机无法正常作业。采用冲击钻处理的时间过长,并且槽壁不稳定。经过对成槽记录和补充勘探资料分析,主要是地质条件与预期不符,现场情况与勘察报告相比偏差过大,施工组织设计采取的工艺适用性较差。主要地质问题有以下几项:

1. 岩面起伏不定

强风化、中风化和弱风化等风化带间逐渐过渡,同深度的岩石差异风化极为明显,表现为各层岩面在2~10m尺度上的起伏剧烈。孤石则普遍呈现为弧面、斜面等非水平面形态。

非水平岩面严重影响成槽施工,施工初期的旋挖引孔和冲击钻冲孔的孔斜控制偏差较大,尤其是抓斗成槽经常在遇孤石时随机向某一方向偏斜,甚至出现钻头或抓斗冲击槽壁造成坍塌,不得不回填后重新引孔抓槽。

2. 孤石含量影响

原施工组织设计预计个别点可能会遇到孤石,进场时配套1台冲击钻作为应对。但补充勘探揭示含孤石槽段的数量占总槽段数高达68%,普遍分布在10m以下砂层、黏土层中;全风化和强风化的残留新鲜岩核也极多,

对旋挖引孔和抓斗成槽工艺而言，其工程特性与孤石基本相同，也按孤石处理。

孤石风化程度为弱风化，单轴抗压强度普遍在100MPa左右，已经超出抓槽机工作范围，并且旋挖引孔工效不高。由此造成成槽时间过长，孤石槽段成槽时间普遍在7天以上，超过20天的也不少见。并且还有孔壁稳定性差，抓槽机长期闲置等一系列问题。

3. 硬夹层或透镜体影响

硬夹层或透镜体往往涉及数个槽段，厚度超过5m，虽然数量不多，但处理极为困难，形成工期和成本的控制性节点。初期施工设备以抓槽机为核心，仅有1台冲击钻可以调配冲孔硬夹层，单一槽段处理时间往往超过10天。不仅工效低，而且会打乱相邻槽段的施工顺序，占压泥浆配套设备。

4. 粘性与砂土交替地层、淤泥夹层影响

项目进场时对该问题有一定预判，施工方案采取调整泥浆配置处理。但原有施工方案预期的成槽作业时间为2天，纯土层槽段与预期一致，没有发生意外。但孤石槽段成槽时间过长，土体应力松弛现象比较明显，叠加冲孔作业时不可避免的会冲击槽壁、槽壁上较小的块石或孤石掉落也会牵连周边形成塌孔、黏土和砂土侵入改变泥浆性能等一系列问题，由此造成槽壁稳定性较差，淤泥层和部分砂层坍塌严重的会在侧壁形成空腔。

三、施工应对和解决

按照原有施工方案，液压抓斗在土方槽段可以直接抓土成槽，坚硬土层引孔后抓土成槽。但抓斗无法抓取岩层或孤石，岩面的剧烈起伏和硬夹层综合作用导致无法保证施工成槽质量。因实际地质情况超出抓斗工作性能极限，造成实际成槽过程中无法连续抓土，而且液压系统负荷大、斗齿损坏严重。不仅设备工效低、维护修复时间长，而且不能保证正常成槽。而且成槽时间过长还造成槽壁稳定性差，单纯利用冲击钻处理孤石不仅工效低，而且冲击力可能损毁槽壁。为保证顺利成槽，采取以下主要措施进行处理。

1. 补充进行施工勘探

在发现各槽段施工地质条件与预期不一致后，及时分析问题并采取补勘措施。一般情况下招投标阶段勘探主要是针对设计问题进行的，关注点是地基承载力、沉降、地下水腐蚀和不良地质等问题。地连墙施工的孤石、岩面异常和软硬互层问题不是主要关注对象，因此在空间尺度上比较大，布孔间距10~25m，且孔位距离地连墙边

线或边线有一定距离，仅表明本工程地层内有孤石存在。

为摸清地连墙各槽段真实地质情况，解决施工问题，补充施工勘探进行普查。补充勘探直接在地连墙轴线和接头部位上布孔，勘探孔深以地连墙底部标高为准。布孔间距与地连墙标准槽段宽度一致，都按4m控制。部分拐角、岩面较高或未发现孤石的部位进行加密，加密孔间距约2m。

在完成补充勘探以后，基本摸清了每个槽段的实际地质情况，为采取应对措施提供了指导性文件。

2. 槽段分类

本项目补充勘探确认的孤石槽段占比达到68%，按照勘探情况绘制图件，将各槽段依据地质情况分为土槽和孤石槽段两种，分别采取针对性措施进行处理。

3. 孤石槽段施工工艺调整

面对地质条件的变化，首先解决工艺针对性和适用性问题，调整成槽工艺和主要设备。经过分析研究相应工艺和场地情况，并且在比对了双轮铣工艺和旋挖机配套冲击钻两种成槽工艺。鉴于双轮铣占地面积大、费用高、在软硬相间地层适应性较差，选择后者作为本项目地连墙成槽工艺。最终确认改变液抓斗三抓成槽工艺，调整为旋挖成槽配合方锤修孔的成槽工艺。

依据调整后成槽工艺，增加了2台旋挖机、2台冲孔机，调整后成槽工艺流程为：全部旋挖引主孔→抓斗试抓并清渣→旋挖或冲击钻修副孔→方锤修槽壁和边角→抓斗探槽确认深宽并捞渣。

新的施工工艺控制要点主要有以下几项：要求旋挖钻更换耐磨合金钢钻头，孤石和岩层段采用高钻压低转速钻进，改进旋挖工艺。部分旋挖磨损较大的孔位，以及槽壁岩块可能残留棱角的使用冲击钻方锤修孔，增强槽壁修整工序。人员测控配合旋挖机机身测斜控制孔斜，钻进穿透覆盖层后一旦发现钻机压力陡增或孔斜增大，立即调整钻压转速参数。加强泥浆管理，确保泥浆供应，夹淤泥和夹砂段及时调整泥浆参数。钻进成槽后立即抓斗捞渣清槽，减小工序时间间隙，及时完成验收并下放钢筋笼灌注混凝土。

工艺调整后整体上与现状地质条件相适配，实现了成槽工序正常施工。

4. 土槽施工工艺调整

鉴于补充施工勘探最小间距为2m，不能保证小直径孤石一定能在补充勘探图件上被标记。所以土槽段在维持三抓成槽的基础上，进行针对性的改进。首先是加强

协调和反馈，发现钻渣或抓土异常时及时判定是否遇到了孤石。其次是合理调配抓槽机，在保证孤石槽段捞渣工作的同时，也可以顺利施工土槽，防止设备长期闲置。其三是加强维护保养工作，抓槽机在孤石槽段捞渣不可避免会遇到油路负荷过大、斗齿崩断甚至卡斗等异常情况，主要应对措施是增强维护保养力量和备用配件管理，保证设备工况良好。

5. 作业面的施工组织调整

原始施工方案布置2台抓斗同步作业，安排2个作业面平行施工，设备数量也根据作业面进行调整。为适应新的成槽工艺，调整为4~6个槽段同步施工。即正常土槽施工抓斗机可以直接成槽，如果遇到孤石就抓斗机更换作业槽段，旋挖机配合冲击钻进行孤石处理。孤石槽段中孤石含量较少的直接抓斗抓槽，然后旋挖处理个别孤石，修整孔壁后验收。孤石槽段中孤石含量较多或较大硬夹层或透镜体的，因处理时间较长，往往可能需要十几天，因此专门安排1台旋挖机引孔和处理副孔，完成引孔工作的布置冲击钻清理槽壁，完成槽壁槽段进行捞渣验收。各个作业面平行作业，充分利用设备。

此外还要合理安排施工顺序，预留难度最大的槽段作为收尾。本项目有几个槽段的处理时间超过了20天，并且没有明显规律可以用来预测完成日期，因此合理安排收尾槽段有利于工序衔接，对混凝土内支撑作业的工期和成本控制有不小的影响。首先选择两个最难的槽段，在预定完工工期前15天左右开始引孔施工，提前处理。其他槽段的设备在完成相应作业后即陆续退场，减少设备成本。尾工槽段作业场地提前布置，设备站位尽量离开支撑作业面，施工道路改移至基坑外侧，及时移交支撑施工场地。

6. 泥浆性能控制

泥浆是槽壁稳定的核心因素，除工艺改进减小槽壁冲击力外，成槽时间过长放大了地下水、各层岩土特性对泥浆性能的不利影响，也提出了更严格的控制需求。

首先是地下水和地表水影响。受紧邻排洪渠影响，本项目地下水水位埋深始终维持在约1m的位置，随季节变动不大。地连墙施工又主要在雨季，广东地区降雨频发且雨量较大。主要不利影响是地下水渗入槽段或降雨进入槽段后稀释泥浆，导致泥浆比重减小、粘聚力降低。主要控制措施是及时补充泥浆，尤其是在发生大雨或较长历时的降雨后必须及时确认泥浆指标是否合格，及时更换或补充。

其次是成槽时间过长，黏土或砂土侵入泥浆给变泥浆性能。黏土侵入提高黏土的粘度而略微减少孔壁泥膜的强度，砂土侵入则增加泥浆比重，相邻槽段砼浇筑也会产生钙离子侵入而絮凝化。一般土槽1天或2天成槽，泥浆性能变化不明显，孤石槽段成槽时间过长，泥浆补充或循环不及时甚至会出现分层现象，无法继续稳定槽壁。经分析和现场试验，添加外加剂效果不明显，因此主要措施为：严格按照设计配比配置泥浆，指标必须每日测定，保证泥浆质量。需要临时调整泥浆比重或粘度的，以适应黏土地层为泥浆性能控制标准。保持分砂机正常运转，有效分离侵入的砂粒。废弃泥浆及时清运并补充新的泥浆。增设环形截排水沟，防止地表水浸入稀释泥浆。

7. 钢筋笼制作和混凝土浇筑

该工序主要是防止钢筋笼下放是卡笼子，以及槽段接头部位有空腔，导致堵头封堵不严。

首先加强验槽工作，除采用测壁仪测壁以外，现场制作1m宽方锤，由冲击钻逐点下方至孔底检查，确认全槽段宽度满足后再下方钢筋笼，预防钢筋笼卡笼。本工程地连墙为工字钢接头，为了解决接头部位侧壁空腔影响，另外焊制方钢堵头，浇筑混凝土前吊放在工字钢接头外侧，填沙袋封堵堵头。

8. 其他配套措施

与作业面调整和工艺调整匹配，增加泥浆箱数量和泥浆供应量，场地全面硬化并随时修复，按设备调整班组和人员配置。

增加一个钢筋笼加工厂，增加钢筋笼储备，保证场内至少有两个钢筋笼随时可用。

四、经验与改进

从整个地连墙施工过程来说，以上措施起到了显著作用，施工初期的成槽问题得到了比较彻底的解决，施工进度和质量都得到了保障。支撑浇筑和基坑开挖期间地连墙出露，除个别侧壁空腔形成的鼓包以外，没有发现混凝土质量和渗漏水问题。但可以总结和改进的地方仍然不少。

1. 加强与设计的联系和现场情况反馈

地下工程本身不确定性就比较多，本工程地质特性又比较特殊，应该及时向设计反馈现场情况。从《岩土工程勘察规范》相关规定来看，岩土问题的地区性特点明显，不同地区都有独有的特点，因此经验极为重要。只有建立一般性的沟通机制，才能及时反馈工程独有的

特点,按照动态设计原则及时优化和调整。

2. 规避不利季节因素

因为某些特殊原因,本工程开工时间滞后,由10月份开工改为次年3月开工,地连墙施工由原计划的旱季转移至雨季。导墙开挖浇筑开始就受到降雨影响,地连墙施工阶段降雨还影响钢筋笼焊接施工,导致这两道工序施工连续性差,施工降效叠加防雨措施的投入,对成本和工期控制都有比较大的影响。并且雨季施工也影响了后续的内支撑浇筑和基坑开挖施工。在可能的情况下,还是应该规避不利的季节性因素。

3. 设计优化方向建议

根据《建筑基坑支护技术规程》及相关工程经验,除非有特殊要求,双排桩与止水帷幕配合也满足本工程的支护要求。但因变更工作流程问题,以及本项目部分地连墙墙段有特殊使用要求,加之施工单位相关人员经验不足,导致工作重心放到了保证施工进度上,忽视了与设计沟通相关问题。因该地质条件下旋挖机成孔是有现场经验和工效保障的,采用双排桩解决土压力问题,采用止水帷幕并辅助基坑降水解决施工期地下水问题,是完全可以满足施工期基坑安全需求的。

结束语

(1) 花岗岩地层中球状风化系是较为普遍的地质现

象,地连墙施工采用抓槽机成槽工艺时应慎重选择。在有充分地勘资料支撑可以确切知道只有个别孤石分布式的、整体为残积土的条件下抓槽机成槽是可用的,但孤石较多时及时调整工艺。本工程孤石层整体上厚度约20m,工艺优化后整体适应性较好,整体上满足了工期控制要求。

(2) 该工程对施工方技术人员的整体能力构成了不小的挑战,主要是地质和设计问题专业性较强并部分超出了施工方工作内容。勤于学习,加强知识储备,提高专业能力和组织能力,随时准备应对陌生施工环境的挑战是施工技术人员必须适应的。

(3) 本地区类似工程采用了设计优化的方案,适当调整地连墙的深度和布置形式,减小了施工难度的同时也节约了投资,也是完全可以借鉴的做法。

参考文献

- [1] 《工程地质手册》[M].北京:中国建筑工业出版社,2018
- [2] 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120-2012[S]
- [3] 关宝树,杨其新.《地下工程概论》[M].成都:西南交通大学出版社,2001
- [4] 鄢泰宁.《岩土钻掘工程学》[M].武汉:中国地质大学出版社,2001