

地下连续墙成槽施工槽壁稳定机制分析

黄杰 黄彪

浙江省建投交通基础建设集团有限公司 浙江 杭州 310012

【摘要】：随着城市空间的发展和建筑技术的不断改进和完善，地下多层空间越来越多。因此，在深基坑开挖之前，需要建造具有良好止水性能和高安全性能的支持结构。地下连续墙施工技术趋于成熟，在基础工程中也得到了广泛的应用。基坑工程的安全性取决于地下连续墙的质量。控制地下连续墙施工中槽壁的稳定是地下连续墙施工质量的关键。本文分析了影响槽壁稳定性的关键因素及控制措施，以期对促进我国建筑业的发展有所帮助。

【关键词】：地下连续墙；成槽施工；槽壁稳定；机制分析

1 地下连续墙的技术特点

地下连续墙是基坑支护结构的主要受力结构形式。在泥浆护壁条件下，采用专用成槽机械，对深基坑采用沿着一定边界线作业的进行开挖，然后在槽内安装钢筋笼，进行水下混凝土施工，竖起钢筋混凝土墙，最终，几段钢筋混凝土墙连接成一个整体，形成连续的地下墙。地下连续墙整体性较排桩而言更优越，除了能承受土压力，还能起到止水的作用，应用范围广泛。

2 地下连续墙施工成槽技术应用现状

目前，地下连续墙开挖设备主要包括冲击式、回转式和抓斗式3种。其中铣槽机具有速度快、地质条件广、精确度高的优点，是当前技能最为先进的地下连续墙成槽机械，在武汉阳逻长江大桥南锚碇、上海世博500kV地下变电站、润扬大桥北锚碇地下连续墙均采用了铣槽机成槽。但是由于设备维修频繁成本高，抑制了该工艺的推广。液压抓斗式与其他设备相比价格低廉，适用地质范围比较广泛，是目前市场上主流的成槽方式。冲击式挖槽机成槽效率低、主要应用于风化石、卵石和砾石等硬土层，一般性土层很少采用这种形式。目前在硬岩成孔上，采用冲锤、旋挖配合抓斗式成槽机施工较为普遍。天津地区目前成槽机械一般采用液压式抓斗成槽机，如天津站采用的是日本真砂成槽机，文化中心采用的是金泰SG40A、金泰SG50和利勃海尔HS855HD，于家堡交通枢纽采用的是宝峨BS-650和金泰SG40A。从天津地区各工程成槽施工发展趋势来看，对于天津市区土层结构分布情况，下部砂层不厚且与其他土层相互交替，液压抓斗成槽机抓土流程比较复杂，采用抓斗重和闭合合力大的机械可以顺利成槽，能够确保成槽的质量。杭州地区土层为泥岩砂岩较多，采用抓斗式成槽效率较高。

3 影响地下连续墙成槽施工中槽壁稳定性的因素

地下连续墙施工过程，施工机械和人员众多。因此，实际施工中影响槽壁稳定性的因素也非常多，特别是成槽机械因素、现场管理因素等。

3.1 工艺技术因素

地下连续墙施工工艺的选择影响成槽的顺利程度，从而影响槽壁的稳定。例如，硬岩施工时，采用抓斗式成槽时，岩层太硬导致抓取困难，而机械过多地与槽壁碰撞会导致成孔垂直度的严重变化，从而影响槽壁稳定。气举回流孔循环过程中压力和持续时间调节不当导致清孔时泥浆与槽壁的剧烈冲刷碰撞，从而导致槽壁稳定。

3.2 成槽机械因素

成槽机械的重量和施工过程中的振动对槽壁的稳定性的不利影响。因此，在地下连续墙施工前，必须建导墙。一方面，表层土壤松散，应保持其稳定性，以避免上端槽壁坍塌。另一方面，按照地下连续墙结构施工的标准要求，必须控制槽段掘进的垂直度。在掘进过程中，铲斗的形状和提升速度会影响槽段内的泥浆流动，增加槽段周围土壤的孔隙水压力。当泥浆从上层流向底层时，槽壁上的泥或泥土颗粒会被冲刷，增加局部损坏甚至整体不稳定的风险。

从槽壁形成机理对槽壁土包层的影响来看，如果用旋转式开挖，不会有太大的影响。如果使用冲击式或抓斗式成槽机，槽壁上的护壁很容易脱落，因为机器和工具必须在槽段上下移动。在大多数情况下，槽中的泥浆会立即渗入墙体的土壤层，仍能形成新的泥壳。但是，如果土壤是粘度较低的砂岩或砾石层，其内聚力性较差，泥皮在形成新的槽壁之前会被侵蚀。因此，为了保护槽壁不受成槽过程影响，还需要注意施工机械的选择。

3.3 勘察设计因素

勘测设计因素造成地下连续墙施工槽体失稳的原因，其主要表现形式是：在工程地质勘察过程中缺乏部分原始地质资料，以及参数不一致，如作为研究区域的水文数据，导致了设计方案的具体应用，不能有效地满足施工要求；在设计初期，环境调查不够全面；在设计过程中，对特殊地质地段没有采取有效的技术措施。施工过程中，对施工单位提出的场地与勘察项目不匹配的问题没有及时给出有效的答案。上

述问题会导致施工时,在机械选择,工艺选择,泥浆护壁配置等问题上产生错判,从而影响槽壁稳定性。

3.4 现场管理因素

地下连续墙施工涉及工作流程复杂,作业面转换频繁,施工人员参与面广,机械众多和材料管理困难。因此,现场管理造成的槽壁失稳也是实际施工过程中的普遍因素。主要有以下几点:过程不协调,成槽后,吊放钢筋笼时下放速度过快,导致钢筋笼和槽壁剧烈冲刷,导致槽壁失稳。灌注混凝土时过慢,导致泥浆的性能下降,引起槽壁失稳;泥浆未按地质水文条件配置,泥浆护壁性能差;罐内泥浆液位控制不当,低于地下水位。在现场管理中,材料存放在地面上的规划不合理,在大型机械运输作业现场施工作业区摆放。最后,由于材料堆积和机械运动大而引起的过度加载和振动。造成槽壁失稳和坍塌,严重影响施工安全。同时,由于槽壁不稳,发生了人员伤亡、机械损坏、建筑物倒塌甚至倒塌的事故。

3.5 地下水位影响因素

从力学角度看,泥浆压力必须大于地下水压力并平衡掉部分土压力,护壁作用才能有效发挥。泥浆液面与地下水位之间的相对高差因此成为工程实施的控制条件之一。一般都要求泥浆液面高出地下水位1m或1.5m以上。一些失稳的实例有时是由于地下断层、裂隙或岩溶发育造成漏浆或跑浆引起泥浆液面下降到地下水位以下导致的,或者是由于突发洪水引起地下水位上升高于泥浆液面而产生的。地下水位越高,平衡它所需要的泥浆相对容重也越大,槽壁失稳可能性也越大,潮汐、地表水流和降雨也会使地下水位发生变化,从而对槽壁的稳也造成了一定的威胁,此外地下水的流速过大,则会不利于泥皮的形成。

3.6 开挖形状因素

泥浆护壁开挖工程中槽段的形状主要有圆形(比如灌注桩)和矩形(比如地下连续墙),有时也有“T”形开挖。显而易见,轴对称的圆形槽的开挖稳定性要高于矩形和其它形状的槽段。这是因为轴对称情况下,槽壁上土体径向应力的释放大部分会转移到环向应力当中,形成封闭的应力拱。对于矩形槽,其长度则是影响开挖稳定性的主要因素。有限的整体失稳和局部失稳实例都发生在槽长大于5m的情况。这是由于槽段越长,开挖引起的应力重分布更接近于平面应变情况,土拱效应减弱的缘故。相比而言,开挖深度(通常都在20m以上)似乎对稳定性的影响并不显著。

4 关于提升地下连续墙施工槽壁稳定机制的策略研究

4.1 强化勘察设计交底,图纸会审制度

加强勘察设计交付和图纸审查,在施工阶段进行技术交底。设计勘测单位应当提供施工单位详细的勘察设计情况,说明设计方案,提醒施工过程中事项,并报告地质和水文条件在局部的较大差异或变化。如果施工单位对工程图纸有疑问或者有分歧,设计单位应当及时解释原因并给出明确的答案。施工单位应当根据所审查的设计图纸,编制施工的具体方案,组织三级施工交底。在地下连续墙施工过程中,管理层、施工人员和一线操作人员需要明确质量标准,技术要求和施工控制点。防止因技术和管理因素造成槽壁不稳定。

4.2 优选工艺技术

施工工艺带来的施工质量问题,是导致槽壁稳定性的最直接的因素。因此,实际施工中的工艺优化对保证连续地下墙施工中槽壁的稳定性具有重要作用。从选择主槽型,到选择清孔方式,以及如何配置良好的护壁泥浆,施工单位应结合地质、水文工况,优化工艺、建筑物状况及相关设计参数进行。工艺技术选择原则应包括:施工成本、施工难度、施工进度、实施可行性,技术和工程设计及现场施工。

4.3 完善基础勘察,提升设计质量

“九层之台,起于累土”。地基稳定性是影响工程整体质量的关键因素。提高设计质量是提升槽壁在地下连续墙施工中的稳定性的一项重要改进措施。在具体实施中,设计单位要进行详细的基础研究,提高设计人员的专业水平等。研究的具体主要参数应包括:地质地理参数、底土和地表水文信息、区域气候信息等。通过实施完善的勘测数据库,实现该设施的全面设计建设,以保证具体施工应用中的设计质量和施工效率。

4.4 三轴搅拌桩槽壁预加固

地下水位高低对槽壁的稳定性有重要影响,特别是滩涂土,其特点是动态水压下稳定性低,槽壁形成过程中坍塌风险高。从理论上讲,降低地下水位可以有效消除地下水对槽壁稳定性的影响,也可以有效提高砂体的抗剪强度,可以提高槽体的稳定性。但若施工区靠近江边,地表土和混合土藏水丰富,水位波动将对施工现场地下水活动产生直接影响,因此,通过沉淀的方法很难保证沉淀深度稳定在沟槽的安全深度;同时,若地墙靠近地铁或周边有许多历史保护建筑,保护建筑附近的露天降水不可避免地会导致建筑的附加变形,这对历史建筑的保护极为不利。通过综合研究,在地下连续墙成槽前采用浅层三轴搅拌桩对槽壁进行预加固,通过积极提高土体的抗剪强度,使成槽的稳定性大大提高。槽壁

钢筋采用 $\phi 650@450\text{mm}$ 三轴搅拌桩水泥含量控制在 20%，28d 强度不小于 0.8~1.0MPa，垂直度不大于 1/300。钢筋深度应与坑内被动区的钢筋深度相结合，至坑底以下 3m，施工中应考虑适当的外部释放量，以避免地壁边界侵入。此外，连续三轴搅拌桩在地墙外形成良好的主动止水帷幕，可有效降低地墙渗漏，特别是接缝渗漏的概率。

总之，地下连续墙的成槽稳定，受多因素综合影响，施工中需予以重视。地下连续墙槽壁施工的稳定是衡量地下连续墙施工质量和安全性的重要因素。因此，在实际施工过

程中，在地下连续墙的施工中，槽壁的稳定也引起了建设单位主体责任的重视。在实际施工中，通过优化施工工艺和管理手段，有效地控制地下连续墙施工中槽壁的稳定，以解决地下连续墙的施工问题，促进我国建筑业的发展。

4.5 槽壁检测机制

采用自身带有超声波检测及纠偏装置成槽机械，可动态监测槽壁情况。此外，可采用超声波检测设备，成槽期间按每抓 10m 测一次的频率进行槽壁的垂直度进行监测，一旦发生偏差可及时进行纠偏处理，确保成槽垂直度的控制。

参考文献:

- [1] 张俊平.临近地下构筑物的地下连续墙成槽稳定性分析[J].山西建筑,2020,46(20):89-91.
- [2] 李煜峰.超深地下连续墙槽壁稳定及护壁泥浆研究与应用[J].山西建筑,2020,46(19):69-71.
- [3] 王忠,钱晨,徐寿扬,董松,武亮.复杂条件下的地下连续墙成槽施工技术[J].建筑施工,2019,41(06):1020-1023.
- [4] 丁勇春,李光辉,程泽坤,王建华,陈锦剑.地下连续墙成槽施工槽壁稳定机制分析[J].岩石力学与工程学报,2013,32(S1):2704-2709.