

探讨岩溶地区旋挖桩施工技术

宋亚普

中铁二十局集团第三工程有限公司

摘要：岩溶地区桩基施工因其地质基本是喀斯特地貌，地下溶洞、裂隙、溶腔较多而施工困难，本文结合中国铁建白鹭半岛项目旋挖桩基施工，探讨岩溶地区旋挖桩施工技术以及常见的问题和处理措施，希望对类似地质情况项目起到帮助作用。

关键词：岩溶地区；旋挖桩；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.15.022

一、工程概况

中国铁建白鹭半岛项目位于重庆市秀山土家族苗族自治县城区，主楼及车库桩基共有2676根，地质勘探报告显示，该地块地质情况为喀斯特地貌（属岩溶地区），场地素土厚度2~4.8m，次生红黏土2~5m，可塑状、流速状、软弱层，岩层溶蚀裂隙、溶蚀孔和溶洞较发育，空隙处基本被黏土充填，局部存在空洞，针对此种地质情况，邀请相关专家论证，最后确定该桩基工程采用旋挖成孔灌注桩施工。

二、施工技术和工艺

（一）施工准备

项目部工程技术部根据地勘资料以及现场实际情况进行研究，对钻孔过程中有可能出现的突发情况和问题进行预判，做好处理措施，同时邀请相关专家会审，确定施工方案和应急预案。做好施工方案，按照临时工程施工方案落实场区道路，建造钢筋加工场，落实机械设备和原材料的进场。

（二）测量放线

项目部测量班根据施工图纸计算每根桩基的坐标，使用全站型电子测距仪（即全站仪）放样定位，并经主管工程师复核确认，根据现场实际情况做好护桩，护桩一般拉十字线，安放四个护桩，待钢护筒就位后检查桩中心位置是否符合设计要求，在施工过程中一定要保护好护桩，避免扰动护桩，否则一定要通知测量班重新放样，确保桩位准确。确认无误后向专业监理工程师申请验收。

（三）旋挖机就位

根据放好的桩基位置，安排旋挖机就位，旋挖机缓

慢移至工作范围内，调整钻机、钻杆、钻头，使其中心与桩位中心对齐，在钻孔作业之前要调整钻杆的垂直度。

（四）钻进成孔

旋挖机工作时，先慢速抵挡钻进，深度大于1米后正常钻进，钻进过程中记录渣样情况并与地勘资料核对，不符时及时与相关单位沟通协商。钻至设计标高时经判别岩层芯样合格后，停止钻进。

为保证桩孔的安全性，旋挖机在桩内旋出的土石方，需要堆放在距离桩边2.5米以外的范围，并且堆放高度不得超过1.5米，定时转运到指定地点或清运出施工场地。

（五）旋挖桩清孔及检孔

旋挖至设计深度，确认实际地质情况与地勘资料显示一致后，则进行清孔，使用旋挖斗清理孔底，在孔底原位空转，将孔底的泥土及沉渣清理到斗内取出。然后使用测绳检测孔的深度，若测量深度与设计深度一致，桩孔合格；否则将继续清孔。在下放钢筋笼前重新测量孔深，检查是否存在塌孔现象，若遇到塌孔或沉渣过厚时，及时进行二次清孔。

三、常见问题及处理措施

（一）溶洞现象及处理措施

本工程桩基采用旋挖成孔灌注桩，设计图纸显示桩径分别是 $\phi 900\text{mm}$ 、 $\phi 1100\text{mm}$ 、 $\phi 1300\text{mm}$ 、 $\phi 1500\text{mm}$ 四类，桩深8m~35m，根据地勘资料显示，地下溶洞较为发育，溶洞位于地下，比较隐蔽，无规律、难以察觉，一般无法提前准确预判，在施工过程中难以掌控，也是施工中不好解决的问题。判断是否有溶洞的方法主要有：提前查看对应的地勘资料；钻进时根据机械手的经验，同时听声音、看气泡（当碰到有溶洞、溶腔时，可以听到咚咚的声音，冒出大量的气泡）；观察孔内水位（水位急速下降，最终与临近桩孔的水位下降至同一水平面，证明与相邻的桩有溶洞连通）；钻孔的钻进速度也会陡然变快（遇有溶洞的时候）；当击穿面超过中心面时，钻头可能会突然倾倒、下落；甚至地面会产生沉降、塌方等。

根据地勘资料显示溶洞区域填充物为流速状的黏土与淤泥，钻进中极易不稳定，塌孔后会涌入孔底，因此采用钢护筒跟进的方式方法施工，就是将钢护筒埋入地下一定深度，在旋挖钻机旋挖成孔时，在钢护筒内旋挖取土成孔；当钢护筒埋入深度到达泥岩层受阻受限时，就是护筒的最终埋置深度（不是最终孔底）；在灌注桩基混凝土时，一定要充分计算好桩底至护筒底的混凝土用量，桩内混凝土面超过钢护筒底部2m以上时，才可以向上拔护筒，但要始终保证桩内混凝土面高出护筒底一定高度；桩基混凝土灌注完成后，将护筒全部拔出。

根据地勘报告和现场考察，部分地质情况为素填土（含建渣、颗粒大小不均匀）厚度的0.60~7.80m、红黏土0.9~17.50m、流速状软弱土层1.1~6.1m极易塌孔，需要采用全钢护筒护壁旋挖成孔，使用较长的护筒，尽可能超过软弱土层，护筒长度可能在15m~30m之间不等，护筒钢板厚度采用12mm，以保证有足够的强度支撑孔壁，采用此方法的优点是可以保证旋挖桩成孔的质量，控制塌孔。缺点是对施工方面的要求很高，下放钢护筒的时间比较长，混凝土灌注后护筒不易拔出，有可能卡住护筒，拔不出来的风险，从而造成施工速度较慢，增加施工成本。详见图三

如果在下钢护筒过程中遇到孤石导致护筒未穿越软弱层，为防止此处存在溶腔，则需在此处多次旋斗捞渣，使孔壁基本达到稳定，能够正常钻进；若多次捞渣后，旋挖钻进深度基本没有进展，仍然停留在原深度附近的情况，基本断定此处有溶腔，溶腔内填充物被捞出生成空洞，此时需要回填混凝土填充溶腔至塌孔位上方0.5m~1m，待混凝土凝固后，再重新钻进。详见图一、图二

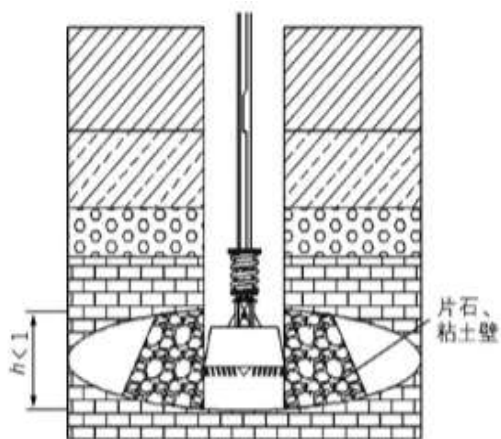


图1 抛填法

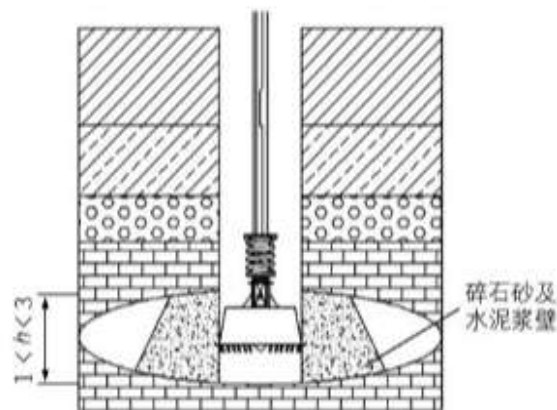


图2 混凝土填充法

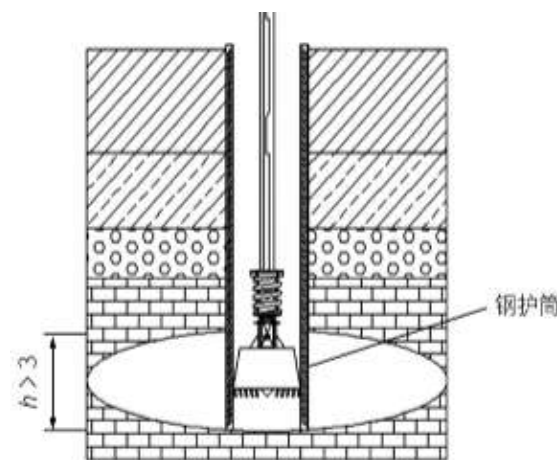


图3 钢护筒穿越法

（二）塌孔处理

①塌孔比较轻微的处理：使用机械向孔内回填可塑性良好的黏性土，使用钻头反向转动，给土体加压，达到压实孔壁的作用；正向旋转将土取出，重新成孔；

②塌孔比较严重的处理：向孔内灌注标号C20的混凝土，待24小时混凝土凝固后（时间根据现场实际确定）重新钻孔。

（三）缩孔缩颈处理

①可塑性软弱层：可塑性软弱层一般不易大面积坍塌，可能发生缩孔缩颈现象，可以通过反复扫孔，可向正在钻孔的桩孔内适量回填部分干土进行反压，然后再取土，使部分干土压入孔壁内，吸收软弱土的水分，增加软弱层淤泥的可塑性，同时放慢钻进的速度；如孔内有水，测量记录孔口距水面深度，取土提钻时应在钻头提离水面时停滞一段时间，使钻头内的水流出钻头后再继续提钻，以减少水对无水孔壁的冲刷，从而减少塌孔和缩孔。

②可塑性较差的软弱层：若碰到此软弱层，可能无法正常钻进，取土后缩孔厉害，可反复取土使缩孔处形成空腔（一般5~7斗，可根据现场实际情况调整），然后向孔内灌注C20混凝土，待24~48小时后再重新成孔，假如此处软弱层比较厚，可按照以上方法重复施工。

③无可塑性或可塑性极差软弱层：

A. 可采用反压混凝土：反复取土，使缩孔部位形成空腔，灌注C20混凝土，使用钻头搅动混凝土，使混凝土充分掺入软弱层中，48小时后重新成孔（时间可根据现场试验确定）。

B. 可采用全钢护筒：当桩孔位于软弱土层，可采用全钢护筒施工。钢护筒直径比桩径大10cm，护筒壁厚12mm，根据现场软弱层的深度确定下放深度，直到穿过软弱层，取出护筒内的土即可成孔，灌注混凝土时护筒随混凝土浇筑高度上升逐节拔出，且确保混凝土面高出护筒底面2米左右。

钢护筒施工：当软弱层中无大块中风化孤石且软弱层深度小于3米时，可直接用钻机或挖机将钢护筒压入；当淤泥深度超过3米时，需采用大型机械（震动锤）辅助下放（或取出）护筒。

钢护筒制作及安装埋设：长度15-35m以内的钢护筒，采用厚12mm的钢板制作，采用多节钢护筒焊接使用，焊接时将上下护筒对齐，不得有错缝，防止下放或取出护筒时受阻，护筒采用钢板要满足刚度及强度的要求，防止变形；护筒的内径不得小于设计桩径；钢护筒埋设深度应满足穿越软弱层以下，同时应满足设计及有关规范要求。钢护筒埋设时，至少应将护筒埋设至密实土层0.5m以下，高出地面0.3m；钢护筒埋设前，先由测量人员测量放样并换手复核，保证桩位准确，应满足钢护筒中心位置的偏差小于5cm，同时要保证护筒垂直度小于1%，以保证桩基的质量；钢护筒安放就位后，为防止护筒受到干扰产生移动，用粗颗粒土回填护筒外侧周围，回夯填密实。

（四）灌注混凝土过程中坍孔

未使用全钢护筒施工的桩基，若在灌注混凝土过程中，如发现桩孔内水位突然上升，然后骤降并伴随气泡冒出，一般是桩孔坍塌（即坍孔），此时可采用测深绳进行探测，若测得的深度与已经灌注的深度相差的比较多，则可证实已经发生坍孔。坍孔原因可能是护筒埋置

的深度不够，护筒下端孔口漏水、坍塌或孔口附近地面受水浸泡变软，或者是孔壁漏水导致孔内水位下降，静水压力变小，或者由于桩孔附近堆放有重物或机械施工产生振动等，都会引起坍孔。

产生坍孔后，应及时查明原因，采取相应措施补救，如加水泥浆保持或加大水头、周围有重物的将重物移走、尽量减少振动等，以防坍孔继续扩大。坍孔稳定后用吸泥机吸出塌入孔底泥土，直到清理干净；若坍孔能够控制，则可恢复灌注。如坍孔不能控制，或坍塌部位较深，则将全部导管拔出，及时将钢筋取出，再以黏土掺砂砾回填，待回填土稳定后重新钻孔。

四、质量保证措施

根据地勘资料以及施工经验，经分析总结，确定以下保证措施，分别是：

（一）为防止护筒底部冒水、护筒发生移位，在埋设钢护筒时，将护筒周围用合格的土分层回填夯实，旋挖施工时注意钻头小心起落，避免钻头碰撞护筒。

（二）为防止桩孔孔壁坍塌，可适当将护筒埋深，若坍孔严重可采用全钢护筒施工。

（三）成孔后及时清孔、安放钢筋笼，并及时灌注水下混凝土。

（四）因岩溶地区易存在地下溶洞，桩孔内灌注混凝土后，由于混凝土自重较大，对孔壁的压力较大，若桩孔周围存在溶洞，则可能发生击穿孔壁，导致混凝土急速下降，因此应根据地勘资料选出有可能有溶洞的桩基，对桩基进行混凝土灌注时，一般多备混凝土20~30m³，当灌注混凝土过程中遇有溶洞可及时补充混凝土，以防发生断桩质量事故。

结束语

本文通过秀山白鹭半岛项目房建桩基工程施工实践，分析总结岩溶地区旋挖成孔灌注桩的施工工艺、施工中常见问题以及处理措施，对岩溶地区或有类似地质情况场地的桩基施工具有一定的参考价值，对提高旋挖成孔灌注桩的施工质量，以及加快施工进度有一定的借鉴作用。

参考文献

[1]《旋挖成孔灌注桩工程技术规程》DBJ50-156-2012 重庆

[2]《建筑施工手册（第五版）》，北京：中国建筑工业出版社，2012