深层溶洞混凝土灌注桩施工工法

1 前言

1.0.1 随着高层建筑和大型项目的建设规模越来越多,涉及的地基基础位于石灰岩区也越来越多，石灰岩区不可避免的有溶洞、溶沟、溶槽、溶蚀情况，预制桩无法穿越溶洞，混凝土灌注桩是最佳方案，并且需要解决如何穿越N米深溶洞，冲击锤和旋挖成孔都可以穿越溶洞，旋挖成孔在溶洞区容易卡钻和成孔进尺较慢的缺陷,高大溶洞洞室容易掉钻。公司经过多年建筑施工摸索和实践，结合建筑市场情况，在二个建筑工程中应用，编制了深层溶洞混凝土灌注桩施工工法”。深层溶洞混凝土灌注桩，溶洞洞室采用砂浆或泡沫混凝土填充，冲击锤穿越土层—石灰岩--溶洞区—完整灰岩成孔，按常规的清孔---孔内安装钢筋笼—-二次清孔---水下浇捣混凝土。该工法工艺简单、泥浆护壁，深层溶洞填充砂浆冲击锤成孔护壁性能显著、操作简便，取得明显的社会效益和经济效益，在石灰岩溶洞区域桩基工程施工中具有较好的应用推广前景。

1.0.2 本技术系统的灌注桩部分来自浙江省建筑标准设计图集图集号“2004浙G23钻孔灌注桩”图集和国家标准“10SG813钢筋混凝土灌注桩”图集。溶洞空腔用砂浆或泡沫混凝土填充后冲击锤成孔部分为公司原创，2017年2月22日得到国家发明专利，发明专利名称“一种地下溶洞的充填处理方法”，发明专利证书号“第2386370号”，发明专利号“ZL 2013 1 0279805.X”。经浙江省科技信息研究院查新（科技查新报告编号202433B2103672），深层溶洞混凝土灌注桩施工工法在所检浙江省级工法文献中未见报道。

2 工法特点

2.0.1 溶洞的洞室填充

地质勘探报告反映，地下溶洞复杂多变，溶洞填充物和溶洞剖面见下图1和下图2。



图1　勘探溶洞空腔取样

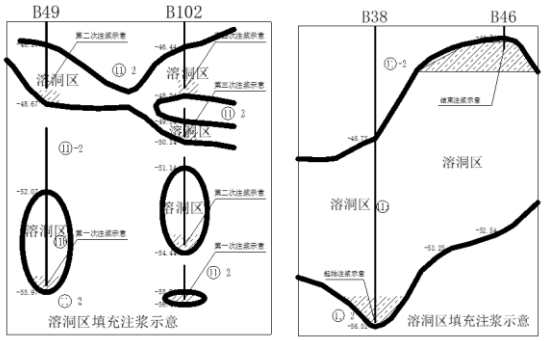


图2　溶洞区填充注浆示意

溶洞的洞室采用砂浆填充或泡沫混凝土等材料，目的是填充整个溶洞空腔，并且尽量降低强度，方便冲击锤成孔，混凝土灌注桩形成上下统一的桩体。

溶洞的洞室填充需根据项目地质情况采用合适的施工机械成孔和填充。一般上部为土层，然后进入土层的水长时间浸入石灰岩，形成溶洞、溶沟、溶槽、溶蚀裂隙现象。采用GPS-10型机及千米机进行溶洞灌浆引孔，见附图3和附图4。



图3　GPS-10型机溶洞灌浆引孔



图4　千米机溶洞灌浆

溶洞的洞室填充灌浆，见附图5.



图5　千米机溶洞灌浆

2.0.2　溶洞冲击锤成孔

溶洞区的混凝土灌注桩桩身土层一般有：土层（软）—石灰岩（超硬）--溶洞洞室（复杂多变）—完整灰岩（超硬）桩端持力层。采用冲击锤成孔，适当控制泥浆比重能适应各土层成孔，克服了钻孔机和旋挖机对石灰岩进尺困难的缺陷。

2.0.3　灌注桩钢筋笼和混凝土施工稳定

冲击锤成孔形状与桩钢筋笼形状保持一致，钢筋笼下笼顺利，桩保护层与桩孔壁位置尺寸一致，质量可控。桩混凝土充盈系数稳定控制在1.2~1.30之间，相较于钻孔灌注桩混凝土充盈系数1.1~1.2之间要略大，桩无钢筋笼外露筋情况。

2.0.4　灌注桩质量检验稳定

冲击锤成孔形状在溶洞空腔区形状一致，桩身穿越溶洞空腔区进入完整基岩，桩身承载力达到设计要求，桩身小应变及超声波检测完整性无特变情况。

2.0.5　溶洞区混凝土灌注桩经济效益高

该工法工艺简单、泥浆护壁、深层溶洞填充砂浆冲击锤成孔护壁性能显著、操作简便，取得明显的社会效益和经济效益。

3 适用范围

深层溶洞混凝土灌注桩工法适用于灰岩区混凝土灌注桩基础，是采用水下冲击锤孔成孔、水下混凝土浇捣施工法，解决了灌注桩在灰岩区成孔质量和钢筋笼成笼质量等主要问题。上部为各类软弱地基、砂土及粘土地基、下部为石灰岩溶洞都适应，一年四季可以施工。

深层溶洞混凝土灌注桩工法，在石灰岩溶洞区域桩基工程施工中具有较好的应用推广前景，特别是溶洞的大洞室、溶洞埋深超深、深度方向有连续的串联洞室等复杂地基。不适用于干成孔混凝土浇捣方法成孔桩，不适用渗透性能很好的土层，不适用微风化~未风化岩石。

4 工艺原理

深层溶洞混凝土灌注桩是一种在石灰岩地基溶洞区的特殊情况桩处理工艺。工艺原理是，采用灌浆工艺将石灰岩溶洞的空腔填充，然后在地面开始采用冲击锤工艺将各土层和石灰岩溶洞区击穿，进入完整基岩。然后完成下钢筋笼和桩混凝土浇捣，其中一清二清的泥浆置换要求比较高。

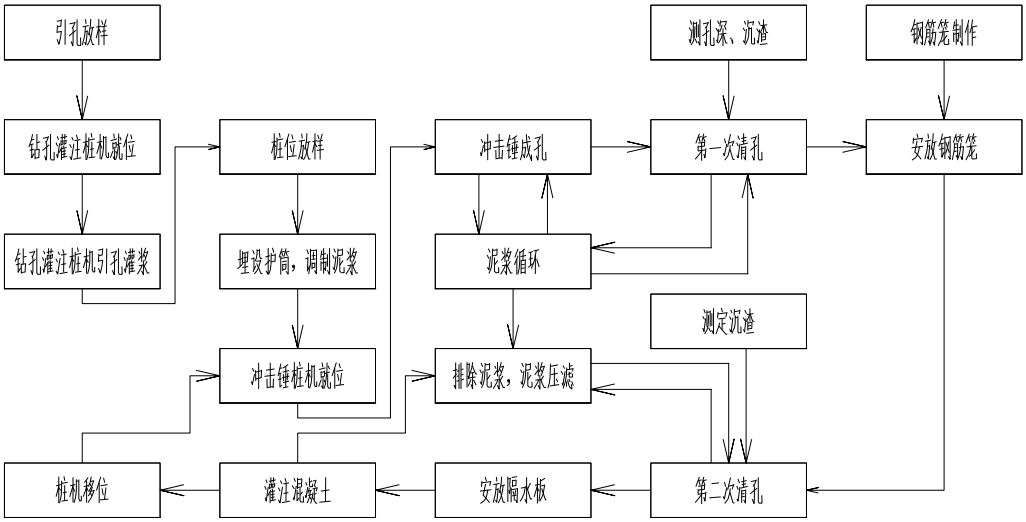
工艺特色：溶洞的空腔填充采用钻孔灌注桩先行成孔，然后水泥砂浆或泡沫混凝土将溶洞填充（如果采用低标号混凝土，二次冲击锤成孔比较困难）。

5 工艺流程及操作要点

5.1 工艺流程

钻孔灌注桩机引孔至溶洞洞室，填充砂浆或泡沫混凝土，冲击锤穿越土层—石灰岩--溶洞区—完整灰岩成孔，按常规的清孔---孔内安装钢筋笼—-二次清孔---导管顶升法连续灌注水下浇捣混凝土成桩。

泥浆通过管道输送及沉淀，经压滤机压滤处理，变成干泥块汽车外运弃置。



深层溶洞填充砂浆冲击锤灌注桩施工流程图　　图 5.1

5.2　操作要点

5.2.1　施工准备

施工中一切活动坚持以“质量第一”为宗旨，严格按设计、施工规范要求施工，着重抓住冲击锤灌注桩的定位放线、冲击锤成孔、清渣、钢筋笼制作与吊放、水下砼灌注成桩等五个关键环节，采取有效的技术措施，强化质量管理，使本工程一次验收达到设计要求。

5.2.2　桩孔定位质量控制措施

1　施工前与建设单位驻现场代表、监理工程师一起，在现场对定位依据的放样基准线（或基准点）和水准点进行明确的指定和确认，以防止发生差错。依据放样基线和桩位平面图测设桩基轴线桩，设立固定标志，在施工中经常进行校核。

2　冲击锤成孔灌注桩定位采用一次定位，二次校验复核措施。即第一次放样标定桩孔中心位置，并用十字交会法设置护筒中心控制标志；第二次校正护筒埋设位置，用固定标志定出桩位中心，报监理工程师复

核认可；第三次校核使桩机的回转中心与桩孔中心吻合。前二次使用全站仪，第三次采用重锤校正，确保定位误差不超过20mm。

5.2.3　成孔质量控制措施

1　深层溶洞混凝土灌注桩工法采用冲击锤成孔工艺。采用重量2~4吨冲击锤成孔成孔，初始冲击锤桩造浆采用外购泥浆，待泥浆具备自造浆功能时，用自有泥浆护壁。冲击锤直径为设计桩径小20～40mm，具体按充盈系数比例调整,充盈系数控制在1.1~1.2之间。冲击锤成孔见附图6和附图8。



图6　冲击锤成孔施工



图8　冲击锤成孔施工

2　为减少深层溶洞混凝土灌注桩的砂土层钻孔护壁孔径缩径坍塌，在整个场地内布置N个深井，在桩基施工阶段提前一星期并连续抽水。

3　冲击锤头采用对称锤头不会发生桩位偏移,冲击初成孔时轻锤慢冲，使护筒底部形成坚固的泥皮进行护壁，以防止漏浆，要求冲击锤至护筒刃脚以下1.0m后再按正常速度冲击锤进。对称锤头见附图7。



图7　冲击锤

4　在砂层、砾层中冲击锤成孔进时，要适当控制冲击锤成孔进尺，使用比重、粘度较大的泥浆，泥浆比重宜控制在1.3左右。发现泥浆质量变差，要及时补充优质泥浆，以防止桩孔缩径或坍孔。

5　为控制桩身的垂直度，要求三方验收成孔桩机的底盘平整度。采用对称十锤头，适当控制成孔进尺，钢丝绳提锤进尺，不高锤重击。

6　发现锤头进入持力层顶面时要取样与地质勘察及试验桩的岩样进行对照，报现场监理工程师确认持力层顶面，并及时记录孔深和时间。经监理确认在钢丝绳上测量余尺并做好标记，然后继续锤进，进持力层深度满足设计要求。确认孔深达到设计要求后，要通知当班质检员和监理工程师，经监理验收后方可终孔。

7　一清前当班质检员和监理工程师测量并计算确认有效桩长及进入桩持力层深度。

5.2.4　清孔质量控制措施

1　桩孔终孔后要立即进行清孔，以避免沉渣增多而增加清孔的时间和难度。

2　为确保清孔质量，清孔施工分两次进行。

第一次清孔采用正循环置换法，在终孔后利用孔内冲击锤杆同步的水管随即进行，清孔时先将冲击锤头提离孔底100 ～200㎜，慢速上下窜动，向孔内输入比重在1.25左右的干净泥浆，将孔内含有钻渣的泥浆替换出来。清孔15分钟后可停止上下窜动，待实测孔底沉渣厚度符合要求后，即可停止清孔。

第二次清孔在钢筋笼与导管入孔后，利用导管进行，方法同第一次清孔，输入泥浆比重应小于1.25，直到复测孔底沉渣厚度≤50㎜为止，因本场地地层砂、砾含量高，为防止砂砾快速沉淀形成孔底沉渣，混凝

土灌注前孔内泥浆比重宜控制在1.15左右。清孔时要确保向孔内送浆，防止孔内水位下降而发生坍孔。

3　冲击锤提锤和钢筋笼入孔时要轻稳操作，防止冲击锤头和钢筋笼拖刮孔壁，及时向孔内补充适量冲洗液，稳定孔内水头高度，防止发生坍孔、缩径事故。

4　清孔结束后，保持孔内水头高，并在30min内开始灌注水下砼。超过30分钟，灌注前要复测沉渣厚度，若沉渣厚度超过50mm必须重新清孔。

5.2.5　钢筋笼制作、安装技术措施

1　钢筋笼制作采用加强箍成型法，分段制作，每段长度9.0米，桩位垂直安装单面搭接焊。钢筋下料时准确控制下料长度，桩钢筋笼成型后，按规范要求进行抽检，验收合格后方可使用。钢筋笼制作偏差符合：主筋间距±10mm，箍筋间距±20mm，钢筋笼直径±10mm，钢筋笼长度±50mm。冲击锤桩机下钢筋笼，见附图9。



图9　灌注桩下钢筋笼

2　钢筋笼制作前，清除钢筋表面污垢、锈蚀，主筋校直。主筋桩位垂直安装搭接采用单面搭接焊，搭接长度满足设计要求及施工规范规定，焊缝宽度不小于0.7d，焊条应与钢筋匹配，HRB400钢筋应采用E50焊条。

焊缝高度不小于0.3d，在同一截面上搭接的主筋接头数不超过主筋总根数的50%，两相邻接头错开35d以上。加强箍筋和螺旋箍筋与主筋采用点焊连接。

3　为确保主筋保护层厚度，在钢筋笼箍筋上设置砼保护层垫块，每节不少于三组，每组6块，均匀分布，主筋保护层允许偏差±20mm。

4　主筋桩位垂直安装焊接时，上下节钢筋笼各主筋应校直对正，且使上、下节钢筋笼均处于垂直状态，两边对称施焊。每节钢筋笼焊接完毕后要补足焊接部位的箍筋，经隐蔽工程验收合格后，方可下入桩孔内再进行下一节钢筋笼的安装。

5　钢筋笼入桩孔时要垂直对准桩孔中心，轻放、慢入，避免碰撞孔壁，不允许左右旋转，防止变形。若遇阻碍应停止下放，查明原因，进行处理，严禁冲击强行下放，应立即将钢筋笼拔起，重新进行扫孔处理。

5.2.6　混凝土质量控制措施

1　混凝土为水下混凝土，坍落度为18～22cm，强度按设计要求。

2　混凝土进场由材料员验收，混凝土配合比通知单及时核对，测量混凝土塌落度，并进行监理见证取样制作砼试块，每桩试块组数不少于一组，单桩混凝土大于50立方米应增加混凝土试块，拆模后送试验室标准养护28天检测桩混凝土强度。灌注桩混凝土见附图10。



图10　灌注桩灌注桩混凝土

5.2.7　水下砼灌注质量控制措施

1　桩身水下砼灌注要在第二次清孔桩底沉渣符合要求后立即进行。采用丝扣式导管灌注砼，灌注导管底部要求距孔底300～500mm，连接时确保接口密封不漏水。首批砼灌注前，先用铁板或导管塞盖住混凝土漏斗底口,当导管上的料斗备足砼初灌量后,才允许拉开铁板灌入首批砼，同时观察桩孔内导管外返浆情况，定时在桩孔内导管外测定埋管深度并作好灌注记录。

混凝土初灌量应能保证混凝土灌入后导管埋入混凝土0.8～1.3米，使导管内混凝土压力与导管外泥浆压力平衡。按φ800桩，孔深47米的混凝土初灌量计算如下：V=1/4πd2h1+1/4 kπD2h2

Vφ219=1/4*π*0.2192*(27-1.5)*1.25/2.4+1/4*π

1.3*0.82*1.5=1.35m3

2　首批砼灌入后，确保灌注工作连续进行。灌注过程中，要经常用测锤探测砼面上升高度。导管要始终埋在砼中，严禁将导管提出砼面。导管埋入砼面的深度以2～8m为宜，最小埋深不得小于2m。导管要勤提勤拆，每次提升导管前均应探测砼面高度，并观察孔口返水情况，以正确分析和判定孔内情况。提升拆卸导管的时间不宜超过15min。

3　砼灌注到桩顶附近时，如出现砼上升困难，可以向桩孔内导管外注水稀释泥浆，使灌注工作顺利进行。

4　混凝土灌注桩充盈系数应控制在1.15～1.20之间,超出此范围应查找原因，及时采取纠正预防措施。

5　砼灌注完毕后，要及时割断吊筋、拔出护筒，清除孔口泥浆和砼残渣，覆盖回填桩孔或围栏桩孔，平整场地，确保文明施工。

6 材料与设备

6.1　主要材料要求

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：https://d.book118.com/336042054214010240