

柱锤冲扩挤密碎石桩施工工艺流程与施工方案

高福良

中国建筑第八工程局有限公司 上海 200070

摘要：柱锤冲扩挤水密碎石桩，特别适用于解决土壤杂填土层、粉土、黏性土、质素填土和黄土的基础难题，尤其对于地下水位以下饱和松软土层，克服地基液化土层问题有着重要意义。

关键词：柱锤冲扩挤密碎石桩；施工工艺流程；施工方案

1 工艺概述

柱锤冲扩挤印技术是指利用柱形锤（简称柱锤），利用自行杆式吊车或其他设备，使柱锤在上升至与地基相应高程时落下，在基础土上撞击成孔的方法，并反复撞击至一定设计深度后，在孔中通过分层填充料、分层夯形成桩体完整性，同时对桩内土方加以挤密，从而构成复合地基。

2 冲扩碎石桩的施工原理

冲扩碎石桩系采用振动式沉管方法挤土成孔，经分层填加土料后振实成桩，其加固原理主要是对地基进行置换和机密，以促进排水固结从而增加复合地基的强度、消除液化^[2]。

3 准备工作

3.1 清理平整现场：夯实填素土和场地，并消除高处与地面之间的障碍物；当在施工时发现泥土液化现象严重，碎石桩机倾斜或下陷时，可在该区域铺设四十厘米碎石的钢板保证桩机稳固，待施工完成后再加以处理。

3.2 测量放线：恢复道路中线，安放路段边线桩，清理平整开挖路段基础表面，并测定振捣后的高程，同时进行排水，以确保排水渠道的顺畅；

3.3 按设计的桩间距图以及要求编制了碎石桩的平面图，按桩位图合理地确定了桩位的数量，桩间距允差为150mm；

4 材料要求

桩体材质采用含水率 < 5%的碎石、卵石，尺寸 < 30mm^[3]。

5 主要机具

5.1 起重机具：用吊车、冲击式夯扩土机或其他工程专用的机械装置。

5.2 柱锤：按系列直径大小依次为：325mm，377mm和500mm；长4~6m；质量为1.0~9.0t。柱锤用钢筋所制造，或用钢筋为壳内浇灌的混凝土所制成，也可用钢筋为壳内浇筑所做成。

5.3 装料法：使用机械或人力手推车，上料。

5.4 测试仪器：GPS测量仪、J2全站仪；钢卷尺：30m，50m及5m等。

5.5 设计条件：浇筑后要求土层十字板抗剪切能力 ≤ 10Kpa。复合地基的承载能力标准值不低于暗渠和箱通对地基承载能力的需求上限值，同时要求路台的地基承载力 ≥ 220Kpa，并完全消除了基础土壤的完全液化。

质量标准及验收方法原材料的检测项目、方法及频次见表。

序号	项目	方法	频次
1	数量、布桩形式	观察、现场清点	全部检验
2	填料的配合比、最优含水率	检查配料计量，轻型标准击实试验报告	全部检验
3	桩孔直径	孔底夯实后丈量	全部检验
4	桩孔深度		

6 作业条件

6.1 施工现场必须实现“三通一平”，即现场地面平整，道路通畅，将施工人员的供电、水接至现场。工地的电线、地下管线及其他障碍物已进行了清除，并妥善安置。

6.2 项目施工现场周围建筑、结构（含文物保护单位建筑）、老树木、历史名木以及地下管道均受到了安全的防护^[2]。

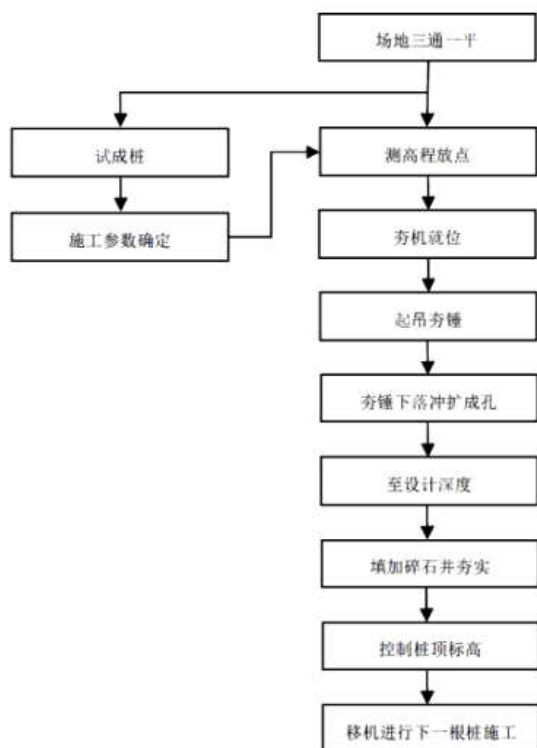
6.3 应当具有详实的岩土工程地质和水文勘测资料、拟建建筑物的平面位置图、基础平面图、柱锤冲扩挤密碎石桩复合地基处理图纸和工程施工组织设计。

6.4 建筑放线：按照甲方所给出的关于工程控制点位置、水准站位置的书面资料，进行建筑放线工作，放时，建筑放线要在地基的一定范围内用白灰画出，由工程控制点埋设本方案。

7 试成桩与施工参数确定

7.1 在工程建设地点适当的开展试成桩作业，以测试各类施工机具效能和工作状态，协调各工段间的现场协调关系。

7.2 试验成孔的长度、土中出孔深度、出桩长度等，以工程设计文件规定为准。



7.3 施工各步(层)的填充物数量、夯击次数和夯锤的提升高度,通过现场测试后确认,并同时校验设计参数,在必要时进行对设计参数的适当调整。

7.4 施工机具就位成孔

7.4.1 施工设备就地,将柱锤对准桩位。

7.4.2 柱锤冲孔

①冲击成孔

将柱锤上升至规定高程,然后自动脱钩下落或用捆扎绳吊住冲击土层,经过这样多次撞击,在达到设计的成孔深度后,还可向洞中填充少量粗骨材并继续撞击,直至洞底完全被夯密实。

②填料冲击成孔

成孔时出现缩颈及坍孔现象时,可分次填在碎卵石中,边冲击边把填充物挤入孔壁或洞底,当孔底接近设计土中成孔的深度时,再夯入部分碎卵石挤密桩的端土。

③复打成孔

当塌洞严重难以土中成洞时,可用提锤多次撞击至设计洞深宜,然后分次填入生石灰或干混凝土,待洞内生石灰、混凝土吸收膨胀,桩间土性有所改善后,再进行二次撞击复拉到洞^[1]。

7.4.3 跟套管成孔

①如果采取以上办法仍不易土中成孔的,可采取跟套管土中成孔,即用柱锤边冲磨边把套筒压入土中,直到土底的深处。

②当遇到表层为杂填土存在塌孔风险时,护筒高度范围内可采用螺旋钻机引孔然后安放护筒,引孔直径 > 100-200mm。

③当地基土层存在地下水对冲击锤夯击能产生消能,影响成孔深度时需采用基坑降水。

7.4.4 成孔深度控制

通过在钻具以及钻头支架上的深度尺寸标注,可以实现成孔深度管理,以达到工程设计需要。

8 填料夯击成桩

8.1 用标准弹斗或卸料小车将材料卸至孔口。

8.2 孔中填充料一侧,宜铺设铁抹子,将材料填入孔内后用拉把导入,但严禁将弹斗中的混合料直接注入,且不得将坷拉或污物直接落入孔内。

8.3 在采取跟套管方法成孔时,边分层将填充物夯实,边把套管抽出^[2]。

8.4 坑底夯实后,根据要求的填充物数量、夯点时间、夯锤的位置,实施分级填充物,分级进行。

8.5 每个桩孔应夯填在原桩顶的施工高度 $\geq 0.5\text{m}$,其上的桩孔最宜用原槽土夯封。

8.6 基土在施工后,应进行晾槽拍底或碾压,然后再铺垫面层或压实。

8.7 施工中,应当作好检查记录工作,并对出现的质量问题及时处理。

8.8 施工设备移位后,重复按以上方法完成下一个桩施工。

9 季节性施工要点

9.1 雨天浇筑时,应作好天气信号采集工作,夯孔内也应进行填充物夯实,以防止孔中积水形成坍孔影响工程质量,场地如雨水已浸湿,应当适当增加散去时间。

9.2 冬季建筑,对于表层冻土较薄的,设计中也可免于考虑,但在冻土分布过厚处首先要将冻土层粉碎并将冻土分布凿除,之后再按照工程设计的参数进行安装。

10 质量标准

序号	项目	方法	频灾
1	数量、布桩形式	观察、现场清点	全部检验
2	填料的配合比、最优含水率	检查配料计量、轻型标准击实验报告	全部检验
3	桩孔直径	孔底夯实后尺量	全部检验
4	桩孔深度		

10.1 工程建设前,应通过进行复试检测石料的含水率和有机质含量等^[3]。

10.2 施工过程中应随时检验工地记录和现场施工状况,并对照预定的施工工艺规范,认真检验每根碎石桩的桩位置、桩洞口径、桩洞深浅度、夯点次数、压实系数、

灌料量、高度、垂直程度等，并做好工程质量评价。

10.3 浇筑工程完成后7d-14d期间，应通过重型动力触探或标准贯入试验，对桩身和桩间土进行取样检测，试验数量 > 冲洗或扩印桩数量的2%，且每次对氯乙烯单体工程桩身和桩间土的试验个数应 ≥ 6点。

10.4 竣工合格后，柱锤冲洗扩印及瓦砾桩的地基承载力试验均宜采取复合地基静载荷试验，静载荷试验

宜于成桩后14d内完成。

10.5 承载力检验数量 ≥ 总桩数的1%，且每个单体工程复合地基静载荷试验 ≥ 3点^[1]。

10.6 基槽开挖后，应检查桩位、桩径、桩数、桩顶密实度及槽底土质情况。

10.7 柱锤冲扩挤密碎石桩地基的质量检验标准应符合以下检验标准规定；

柱锤冲扩挤密碎石桩地基的质量检验标准

项	序	检查项目	允许值或允许偏差		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	复合地基承载力	不小于设计值		静载试验
	2	桩体填料平均压实系数	≥ 0.97		灌砂法、灌水法
	3	桩长	不小于设计值		测桩管长度或用测绳测孔深
一般项目	1	填料的含泥量	≤ 5%		水洗法
	2	桩位	条基边桩沿轴线	≤ 1/4D	全站仪或用钢尺量
			垂直轴线	≤ 1/6D	
			其他情况	≤ 2/5D	
	3	桩径	500		用钢尺量
	4	桩顶标高	mm	200	
5	垂直度	≤ 1/100		经纬仪测桩管	
6	褥垫层夯填度	≤ 0.9		水准测量	

11 成品保护

11.1 土中成孔后应及时回填充物，尤其在雨期施工，以防止从孔中入水而引起坍孔。

11.2 桩在浇筑后或拆除保护用钢筋桩时，必须进行晾槽拍底或碾压，然后再铺上垫板或夯实。

11.3 施工完毕后，应休止7d~14d，再进行全面检查^[2]。

12 施工注意事项

12.1 由于柱锤小且高，而且重心大，在成孔的填充料快完时夯锤下落时易侧向倾斜，因此建筑施工时要应该配戴保护帽并距离夯坑 > 5m。

12.2 若采取自动脱钩以下落夯锤的方式，则设置了导正架以限制其侧向的倾斜。

12.3 使用钢丝绳悬吊下落夯锤的方法，应定期检测钢丝绳损坏状况和钢丝绳与柱锤的接头紧固状况，若发现损坏严重或接头有松动现象，要进行更换，以防止钢丝绳折断或接头松动；夯锤伤人。

12.4 土体完整性施工的关键问题，是分层填料数量、分层夯实厚度和整体填料数量。对填材左心室所充盈的压力系数 > 1.5，若密实度达不到工程设计要求时，应空夯夯实。

12.5 柱锤对冲扩挤加密桩的夯击力量较大，容易出现地基隆起，从而导致所施的桩表面土壤和桩内土发生疏松，进而影响处理质量，所以成孔和填充物夯实的

进行顺序也应按间隔进行。

12.6 成孔后应及时回填充物，尤其在雨期施工，以防止因孔中入水而引起的坍孔^[3]。

12.7 桩在浇筑后或拆除保护用钢筋桩后，先晾槽拍底或碾压，再铺上垫板或压实。

12.8 施工结束后，宜休止7~14d，再进行检测。

12.9 对于重大的、关键性的或场地复杂的项目，在开始进行时，必须选择具有代表性的区域上开展进行。

结语

本法经常运用于软弱地面的补强，堤坝边坡的补强以及减少可液化粘土的完全液化性能，从而减少湿陷性黄土的湿陷量性，广泛应用于细砂土、粉粘土、黏性土、水泥沙质土、有机质土、黄土等。可达桩长19m~28m，最大桩径0.4~0.6m，而且由于其环保无污染，其主要好处是费用较少、速度也较快，加固作用好，环境适应性较广等。因此，得到应用。

参考文献

[1]振冲碎石注浆桩施工技术应用刘月兰，毛红贺市政技术，2013
 [2]建筑桩基技术规范中华人民共和国住房和城乡建设部JGJ94-2008
 [3]建筑地基处理技术规范中华人民共和国建设部JGJ79-2002