

# 浅析液压高频振动锤在施工中的质量控制

朱剑君, 赵 欢

(无锡市水利建设工程质量监督站, 江苏 无锡 214000)

**摘要:** 根据液压高频振动锤的施工特点, 结合工程施工实例浅析了液压高频振动锤在工程施工中的质量控制和质量评定。对工程施工过程中地质勘探、施工过程、桩基检测等方面的质量控制要点以及质量评定内容的编制进行了探讨和总结, 达到在施工过程中更有效控制采用该技术的桩基质量的目的, 对采用类似高频液压振动锤的桩基础的施工提供借鉴作用。

**关键词:** 液压高频振动锤; 桩基; 质量控制; 质量评定

中图分类号: TV523

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2017) 12-0061-04

## Analysis on quality control of hydraulic high frequency vibration hammers in construction

ZHU Jianjun, ZHAO Huan

(Wuxi Water Conservancy Infrastructure Engineering Quality Supervision Station, Wuxi 214000, Jiangsu)

**Abstract:** According to the construction characteristics of hydraulic high frequency vibration hammer, the quality control and quality evaluation of hydraulic high frequency vibration hammer in engineering construction were analyzed combined with engineering construction examples. The quality control points and quality assessment content of geological exploration, construction process, and pile foundation detection in the construction process were discussed and summarized. The purpose to control the quality of pile foundation more effectively in the construction process was achieved, which could provide a reference for the construction of the pile foundation of high frequency hydraulic vibration hammer.

**Key words:** hydraulic high frequency vibratory hammer; pile foundation; quality control; quality evaluation

## 0 引言

液压高频振动锤是一种通过液压振动箱对沉桩产生高频激振力达到沉桩效果的桩基施工工法, 适用于预制桩、板桩、钢管桩等桩型的沉桩。液压高频振动锤工作原理是通过高频激振力加速土壤软化或液化, 从而提高沉桩施工效率。因此, 随着近年来国内对该技术的研究完善, 液压高频振动锤已在工程施工中广泛推广和应用<sup>[1]</sup>。

但这一技术在水利工程规范、施工工法上仍是空白, 在实际施工过程中存在粗放型施工的问题, 施工质量如何控制、如何进行规范是液压高频振动锤这一工法面临的问题。

## 1 液压高频振动锤与传统工法的比较

### 1.1 液压高频振动锤的优点

相较于锤击法和静压法, 液压高频振动锤具

收稿日期: 2017-10-11

作者简介: 朱剑君 (1982-), 男, 本科, 工程师, 主要从事水利工程质量监督工作。

有环保、效率高、转场安装方便、噪音小、振动低等优点。

液压高频振动锤使用液压为动力, 施工中不会产生废气等排放。液压高频振动锤可以直接安装在挖掘机或起重机机臂上, 相较于汽锤和静压机, 不用在机械的安装上消耗较多的时间, 而安装基础的可移动性, 加大了施工的机动性, 大大提高了机械的转场效率。

在地基振动方面, 由于人体敏感振动频率在 10 Hz 以下, 因此高频振动桩可以大幅降低施工现场的震感<sup>[1]</sup>。

### 1.2 液压高频振动锤的缺点

传统工法无论在施工工法还是规范上, 都已基本完善, 液压高频振动锤在水利工程工法和规范上仍是空白, 各控制指标仍无法有公认的确定标准。

(1) 液压高频振动锤终止施工控制的指标不明确。锤击法终止施工控制指标以贯入度为主, 静压法终止施工控制指标以最大压桩力为主, 而液压高频振动锤在终止施工控制指标上仍未有明确。在一般土质施工中, 施打至设计高程即可, 但在坚硬土质施工中, 如果选择振动频率和振幅错误, 往往会造成无法打入, 或打入后桩身完整性不达标等问题。

(2) 液压高频振动锤由于采用高频激振力对土壤造成软化或液化作用, 在最终沉桩后, 土壤

对桩身摩擦力是否会造成影响尚不明确。

(3) 由于高频激振力的存在, 对桩身本身存在一个极小、高频拉压的过程, 对桩身本身存在拉裂隐患, 如液压高频振动锤力幅较大或施打混凝土预制桩本身强度不到位, 将会有桩身开裂的风险。

(4) 在施工中, 由于其安装和施工简便, 也带来了施工误差比传统工法大, 如垂直度、桩位偏差等。

液压高频振动锤与传统工法施工各指标对比详见表 1。

## 2 液压高频振动锤在施工中的质量控制

在采用液压高频振动锤时, 由于终锤条件不明确, 应加强前期地质勘探, 特别是地质变化情况较大的地基, 根据地质勘探报告, 选择合适振动频率、振幅, 确保能够顺利打入。在施打过程中, 应 1 次完成, 中途不得停顿过久。如桩身发生突然倾斜、位移或有严重回弹, 桩头或桩身破坏, 地面隆起, 桩身上浮等现象, 应立即停止施工, 避免造成桩身破坏。在用大吨位力幅的液压高频振动锤进行施工时, 为防止桩身被拉裂, 施工机械可配备桩身应力监控仪表。在桩位偏差的控制上, 也应以前期控制为主, 施工人员可提前做好桩位定位工作, 严格安装桩位定位施工, 可以减小桩位偏差。

表 1 液压高频振动锤、静力压桩、锤击桩施工指标对比

施工方法	液压高频振动锤	静力压桩	锤击桩
适用地基	适用不同地基, 根据地基可选择最佳振动频率和振幅。	较均质的软土地基	适用不同地基
施打速度	快	一般	快
噪音	低	低	高
震感	低	低	高
场地要求	低	高	低
安装速度	快	慢	慢
转场难易度	低	高	高
环保度	较环保	较环保	一般
终止控制指标	无	最大压桩力	贯入度
评定方法	无	有	有
检测方法	不明确	明确	明确

在垂直度方面, 应采用导向管、测斜仪等辅助设备来帮助施工人员进行辅助施工, 减小误差。

施工完成后加强对承载力的检测。加强桩身完整性检测, 特别是在施工中有明显地质坚硬的施工段。在一般中小型水利工程中, 预制沉入桩的承载力如无重要部位或特殊地质情况, 设计单位不会明确要求承载力检测。但在高频振动施工中, 由于高频振动, 对周围土壤存在一定的软化或液化作用, 建议加强对地基承载力进行检测。

### 3 液压高频振动锤质量评定项目的编制

就混凝土预制桩为例, 目前我省水利工程以《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202-2002) 和《水利工程施工质量检验与评定规范》(DB32/T 2334-2013) 为标准, 2 种评定规范中, 均只有锤击法和静压法的评定方法。因此, 按照《水利水电工程施工质量检验与评定规程》(SL176-2007) 的要求, 采用液压高频振动锤作为预制沉入桩的施工工法, 应根据施工工法特点编制质量评定标准<sup>[2]</sup>。各规范中混凝土预制桩施工方法可评定情况详见表 2<sup>[3-6]</sup>。

表 2 各规范中混凝土预制桩施工方法可评定情况表

规范	《建筑地基基础工程施工质量验收规范》 (GB50202-2002)	《水利工程施工质量检验与评定规范》 (DB32/T 2334-2013)	《建筑桩基技术规范》 (JGJ94-2008)	《城市桥梁工程施工与质量验收规范》 (CJJ 2-2008)
可评定施工工法	锤击沉桩 静压沉桩	锤击沉桩 静压沉桩	锤击沉桩 静压沉桩	锤击沉桩 静压沉桩 振动沉桩 钻孔埋桩

就前文分析的液压高频振动锤的优缺点, 笔者认为质量评定标准可参照《水利工程施工质量检验与评定规范》(DB32/T 2334-2013) 6.4 沉入桩进行评定<sup>[4]</sup>, 结合在设备参数、桩身完整性、承载力以及终锤条件等方面进行控制。

设备参数: 根据勘探数据选择适合的频率和振幅, 由于各品牌设备频率和振幅存在差异, 应结合设备说明书进行选择。

桩身完整性: 桩端位于坚硬、硬塑土层的应在一般土层检测基础上进行加测。

承载力: 按设计和规范要求进行检测, 建议设计单位明确承载力要求, 并进行承载力检测。

终锤条件: 桩端高程达到设计要求。

评定项目详见表 3。

## 4 实际案例

### 4.1 工程概况

无锡市古运河整治工程为沿古运河两岸新建亲水平台及配套景观。两岸平台总面积约 5060 m<sup>2</sup>, 沿线宽 3 ~ 5 m 不等, 基础为独立杯型基础, 平面尺寸为 1.3 m×1.3 m, 以 30 cm×30 cm 的立柱与板梁式平台连接, 平台结构顶面高程为 1.74 m (黄海高程, 下同)。根据地质勘探, 独立基础下需按设计要求在四角打 4 根长度为 8 m 的预制桩。

### 4.2 地质情况

据勘察揭示深度垂深 15 m 的范围内主要由淤泥土、粉质黏土、粉土、粉砂夹粉土、粉质黏土组成, 拟建场地根据钻探揭示及原位测试、野外记录综合分析, 场地土层自上而下可划分为 6 大工程地质层。本场区勘察深度 15 m 范围内, 地基土自上而下分为如下 8 层:

1 层杂填土: 灰黄色, 松散~稍密, 含生活垃圾, 植物根茎, 建筑垃圾, 饱和, 高压缩性。层底标高: -3.60 ~ -1.10 m, 平均 -1.62 m。

1-1 层淤泥质粉质黏土: 黑灰色, 软塑~流塑, 含腐植物, 饱和, 高压缩性。层底标高: -5.80 ~ -3.70 m, 平均 -4.93 m。承载力允许值 51 kPa。

2-1 层粉质黏土: 可塑, 高干强度, 高韧性, 中压缩性。层底标高: -6.30 ~ -2.10 m, 平均 -3.63 m。承载力允许值 175 kPa。

2 层粉质黏土: 可塑~硬塑, 高干强度, 高韧性, 中压缩性。层底标高: -3.80 ~ -2.60 m, 平均 -3.03 m。承载力允许值 140 kPa。

3 层粉土: 很密, 摇震反应迅速, 饱和, 中压缩性。层底标高: -6.50 ~ -3.50 m, 平均 -4.40 m。承载力允许值 121 kPa。

4 层淤泥质粉质黏土: 软塑, 含腐植物, 饱和, 高

表 3 预制混凝土方桩沉桩单元工程质量评定表 (高频振动)

项次	检验项目	质量要求	检验方法	检验数量
主控项目	桩身完整性	符合设计和规范要求	低应变	桩端位于一般土层: 测 20%, 且不少于 10 根; 桩端位于坚硬、硬塑土层: 在一般土层检测基础上进行加测。
	承载力	符合设计和规范要求	静载荷、高应变	按设计和规范要求, 建议进行检测。
	垂直度	< 1%	线锤或测斜仪	逐桩
一般项目	设备参数	根据设备说明书选择符合勘测数据的设备型号, 明确设备参数。	观察	全数
	盖有基础梁的桩	垂直基础梁的中心线: 100 mm+0.01 H; 沿基础梁的中心线: 150 mm+0.01 H		
	桩位偏差	桩数 1 ~ 3 根桩基中的桩 ≤ 100 mm	全站仪	逐桩
		桩数 4 ~ 16 根桩基中的桩 ≤ 1/2 边长		
		桩数大于 16 根桩基中的桩 最外边的桩: 1/3 边长; 中间桩: 1/2 边长		
	终锤条件	高频振动	以控制桩端高程为主	水准仪
	桩顶高程	± 50 mm	水准仪	逐桩

压缩性。层底标高: -7.90 ~ -5.80m, 平均 -6.42m。承载力允许值 65 kPa。

5 层粉土夹粉砂: 稍密~中密, 饱和, 摇晃反应迅速, 中压缩性。层底标高: -9.60 ~ -7.30 m, 平均 -8.08 m。承载力允许值 125 kPa。

6 层粉质黏土: 可塑~硬塑, 高干强度, 高韧性, 中压缩性。承载力允许值 240 kPa。

4.3 施工设备

施工场地为村镇周边, 场地狭小, 使用静压法施工设备无法开展, 锤击法的噪音和振动较大, 对周边居民影响较大。因此, 采用液压高频振动锤进行施工, 采用高频液压振动打桩机。

4.4 施工过程及质量控制

实际施工过程中, 根据地质情况, 选择桩锤振幅 38 mm, 工作频率范围 25 ~ 40 Hz。施工人员确定好所有桩位, 严格安装桩位定位施工, 确保桩位偏差满足规范要求。将桩安装在桩头后, 由挖掘机携带行走移位, 到达桩位, 放置预制桩后,

施工人员对桩身垂直进行辅助测量并调整, 就位后放下桩锤, 使桩缓慢沉入土中一定深度, 再次检查桩位和轴线, 确认无误后, 启动沉桩, 中途不得停顿。桩身发生突然倾斜、位移或有严重回弹, 桩头或桩身破坏, 地面隆起, 桩身上浮等现象, 施工人员应立即停止施工, 避免造成桩身破坏。振动沉桩至设计深度后, 将桩机移至下一支桩继续沉桩。整个过程简单快速, 沉入 1 根 8 m 预制桩的时间约为 3 min, 而挖掘机在移动中的便捷性又大大提高了工作效率。

4.5 桩基检测

完成施工后, 为确保该预制桩基础能达到设计要求, 应对预制桩进行低应变检测和静载试验。经检测, 桩身完整性和单桩竖向抗压承载力均满足设计和规范要求。

4.6 质量评定

质量评定标准参照《水利工程施工质量检验》  
(下转第 69 页)

（上接第64页）

与评定规范》(DB32/T 2334-2013) 6.4 沉入桩进行<sup>[4]</sup>。工程评定中, 主要对桩身完整性、承载力、垂直度、桩位偏差、终锤条件以及桩顶高程进行评定, 其中由于土质为一般土质, 桩身完整性检测未进行加测, 终锤条件以桩端高程满足设计高程为控制条件。

## 5 结语

液压高频振动锤这一技术, 在欧美、日本等地区早已广泛投入使用, 其高效、低噪、低震、安装简便、对场地要求低等特性备受施工企业的青睐, 规范和有效控制这一技术的施工质量, 将是这一技术最有效的推广方法。进一步研究液压高频振动锤施工机理, 明确高频振动对土壤的影响, 能够为后续施工、检测提供更充分的理论依据。同时,

建议尽快编制液压高频振动锤施工工法以及质量评定标准, 规范液压高频振动锤的施工方式、施工要求。

## 参考文献:

- [1] 刘 剑, 陈龙珠, 曹国俊, 等. 中国土木工程学会第十届土力学及岩土工程学术会议论文集[C]. 重庆: 重庆大学出版社, 2007.
- [2] GB50202-2002, 建筑地基基础工程施工质量验收规范[S].
- [3] DB32/T 2334-2013, 水利工程施工质量检验与评定规范[S].
- [4] JGJ94-2008, 建筑桩基技术规范[S].
- [5] CJJ2-2008, 城市桥梁工程施工与质量验收规范[S].
- [6] SL176-2007, 水利水电工程施工质量检验与评定规程[S].

(责任编辑: 王宏伟)