

# 干振碎石桩施工技术及应用

童立元<sup>1</sup>, 陈征宙<sup>1</sup>, 刘松玉<sup>2</sup>, 方 磊<sup>2</sup>

(1. 南京大学 地球科学系, 江苏 南京 210093; 2. 东南交通学院, 江苏 南京 210096)

**摘要** 结合干振碎石桩在高速公路液化地基处理中的应用, 从机械设备、施工方法、应用效果等方面介绍了干振碎石桩施工技术, 并探讨了该技术的优点、存在问题, 同时对其推广提出了一些建议。

**关键词** 干振碎石桩; 高速公路; 液化地基

**中图分类号** U416.1 **文献标识码** B **文章编号** 1000-3746(2000)02-0011-02

## 1 工程概况及地质条件

某高速公路全程普遍存在可液化地基, 特别是该路横穿黄河冲积平原区处更是广泛分布有亚砂土、亚粘土、饱水粉细砂土等可液化地基土, 液化地基全长约十几公里, 液化势以中等、严重液化为主。

设计采用干振碎石桩对部分可液化地基进行处理, 因目前国内碎石桩大多用振冲法、沉管法施工, 而干振法应用较少, 特别是用在处理高速公路这种大型线性工程更是鲜见报道。因此, 为确定合理施工工艺及施工参数, 以便能够正确施工, 在某典型区段进行了先导试验。

试验区典型地层如下 0~4.5 m 为黄褐色亚砂土夹粉土, 疏松状态, 平均标贯击数  $\bar{N}_{63.5} = 3.7$ ; 4.5~6.0 m 为灰色亚砂土夹粉土, 平均标贯击数  $\bar{N}_{63.5} = 5$ ; 6.0~9.0 m 为灰色亚砂土局部夹粉细砂, 平均标贯击数  $\bar{N}_{63.5} = 11$ ; 9.0~10.5 m 为灰~灰绿色粉质亚粘土, 平均标贯击数  $\bar{N}_{63.5} = 15$ ; 10.5~12 m 为黄绿色亚粘土, 含大量风化岩屑, 平均标贯击数  $\bar{N}_{63.5} = 19$ ;

由此可以看出, 试验区可液化土层主要分布在地面下 0~9 m 深度范围内, 土质主要是粉土夹粉细砂土。设计要处理地基即为该层土。

## 2 设计要求

采用 1.4、1.6 m 两种间距, 均为梅花形布置 桩径 50 cm, 桩长 9 m 充盈系数 1.3 碎石级配, 以自然级配 1~3 cm 的碎石, 含泥量  $\leq 5\%$  碎石灌入量每延米  $0.22 \sim 0.24 \text{ m}^3$ 。

## 3 设备

走管式振动打桩机, 内置平底活页式桩尖 桩管直径一般应为 377 mm 桩管上设有二次投料口, 最大沉桩深度能达 20 m 左右; 锤重  $\geq 35 \text{ kN}$ , 工作电流 100 A 左右, 激振力  $\geq 280 \text{ kN}$ , 配套发电机功率  $\geq 120 \text{ kW}$  容积相等的小车数辆。

## 4 施工方法

### 4.1 施工前准备工作

编写组织设计书, 下发施工人员; 清理平整场地, 消除地面和高空障碍物, 进行施工前 CPT、SPT 和 SASW 波速法等测试 测量放线, 布设桩位 桩机就位, 校正桩管垂直度  $\leq 1.5\%$ , 桩管长度符合设计要求, 设置二次投料口在桩管中间以上部位 桩位处铺设少量碎石。

### 4.2 施工工艺

- (1) 施工顺序由外向里, 相邻桩“间隔跳打”;
- (2) 边振动边沉入土层至 9 m 深度处, 每下沉 0.5 m 留振 30 s;
- (3) 稍提升桩管, 使桩尖打开;
- (4) 停振, 加料至装满为止;
- (5) 启动拔管, 拔管前留振 1 min, 以后边振动边拔管, 拔管速率均匀且每拔管 1 m 留振 1 min;
- (6) 确定第一次投料的成桩长度, 进行多次反插至桩管内碎石全部投出;
- (7) 拔管至第二投料口, 停振, 二次投料;
- (8) 启动拔管, 边振动边上拔, 并视需要多次反插, 至管内碎石全部投出, 反插深度小于桩管的一半;
- (9) 提升桩管高于地面, 停振, 三次投料至地表, 启动反插, 并及时进行孔口补料至单桩设计用料全部投完;
- (10) 移动桩架至另一孔位, 重复作业。

## 5 效果与质量评价

施工后 7~10 天, 进行了 CPT、SPT、SASW 波速测试以及静荷载试验, 并与处理前的测试对比, 结果表明, 单桩有效加固范围为  $3 \sim 3.5 d$  ( $d$  为桩径), 复合地基允许承载力较处理前提高了 1 倍以上, 达到或超过了设计要求 (150 kPa), 桩间土平均  $\bar{N}_{63.5} \geq 8$ , 剪切波速  $V_s \geq 200 \text{ m/s}$ , 均符合设计要求, 起到了加固地基, 消除液化的目的。

## 6 几点体会

收稿日期: 1999-03-16

**作者简介** 童立元(1975-), 男(汉族), 安徽淮南人, 南京大学地球科学系 97 级硕士研究生, 岩土工程专业, 现主要从事城市环境与岩土工程方面的科研与工程管理工作, (025)3593043, liyton@263.net。

干振碎石桩法与振冲法相比,它克服了振冲法在施工中耗水量大和泥浆污染严重的弊病,具有现场干净、省料、造价低、施工速度快等优点。经先导试验,为全面施工确定了完整的施工工艺以及施工参数,同时,在工作中我们也发现了如下问题,需加以注意:

(1)干振碎石桩在其桩长的一半处,对地基的振动、挤密效果最好,而在桩体顶部向下 1 m 左右的土层,加固效果较差,应采用振动或碾压或挖除加垫层处理;

(2)施工中应及时挖除桩管带出的泥土,使孔口泥土不会掉入孔中,以免影响成桩质量;

(3)施工中有时发现土层中夹有大于 1 m 厚的淤泥或砂砾石层而导致沉桩困难,此时应立即停工,及时处理;

(4)施工中如发现地下有空洞、暗沟或墓穴等隐性缺陷,则该处碎石桩应相应加密;

(5)施工时,要严格控制拔管及反插速度,不得超过 0.8 m/min,以防止缩径、断桩;

(6)打桩时,要隔桩、隔行跳打,以防止土体隆起变形,出现桩体错位及穿孔、斜孔现象;

(7)基础外侧最好打 2~3 排保护桩;

(8)施工中应详细记录沉桩深度、制桩时间、每次碎石灌

入量、反插次数,以备出现问题时查找资料。

一般情况下,干振法的适用范围为饱和松散粉细砂、中粗砂和砾砂、粘性土及杂填土、饱和黄土,但淤泥质土类软土应慎重对待,必须经过现场试验研究后再予以决定。另外,我们还发现,该法处理地基时,强度往往提高明显,但没有显著降低地基土的压缩性,地基后期沉降仍然很大,因此,对沉降要求比较严格的工程,如油罐,仍需对罐体进行严格的充水预压或尽量不采用该法。从工程实践中看,如果成桩后,桩土复合地基顶部再铺设一定厚度的排水碎石垫层,使碎石桩连成整体,形成良好的竖直和水平通道,这样更有利于施工中和施工后受荷引起的孔隙水压力消散,加快地基沉降固结过程,从而可减小后期沉降隐患。

#### 参考文献:

- [1] 手册编委会.地基处理手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1988.
- [2] 刘朝仁,邱贺然.干振碎石桩复合地基在廊坊地区的应用研究[J].地基处理,1996,7(4).
- [3] 周仲良,陈生水.振冲碎石桩在加固灰坝地基工程中的应用[J].地基处理,1995,6(2).