

# 碎石桩地基性质及其承载力提高的途径

何靖保 (珠海经济特区住宅公司 广东珠海 519000)

碎石桩地基是用碎(卵)石粒料冲(震)填入地基土中形成的一种桩土复合地基。在碎石填入地基土体时,土体得到挤密、冲(震)实、排水固结和置换,从而改变了地基原有的物理力学性质,减小了地基的压缩变形,提高地基的承载力。碎石桩地基具有取材易、造价低、施工简便、质量直观可靠、无污染、可消除一定地震波影响等优点。我公司自1989年以来,用其加固处理70多栋住宅楼(5~8层)的地基,共成桩20多万米,取得了较好的社会效益,对碎石桩地基的性质和施工技术也积累了一些经验。

## 1 碎石桩地基性质

目前国内碎石桩地基成桩的方法大体可分为振冲、锤冲、砂桩(填入)三种。其加固地基的作用机理及其适用地层如表1。置换作用是基本的,挤密和振(冲)实作用则对不同的地层有所不同。

### 1.1 应力集中作用

表 1

| 土 层     | 淤泥质土   | 粘性土     | 亚粘土           | 填土         | 亚砂土 | 砂性土 |
|---------|--------|---------|---------------|------------|-----|-----|
| 制桩方法    | △③     | △②③     | ①□③           | ①②③        | △②③ | ①②  |
| 置换作用    |        |         |               |            |     |     |
| 挤密作用    |        |         |               |            |     |     |
| 振(冲)实作用 |        |         |               |            |     |     |
| 影响距离    |        |         |               |            |     |     |
| 置换率选取   |        |         |               |            |     |     |
| 备 注     | 只有置换作用 | 主要为置换作用 | 各种作用随土的性质不同而异 | 挤密、振实起很好作用 |     |     |

注: 1—振冲法, 2—锤冲法, 3—砂桩法; △可以使用, ○适宜使用, □很宜使用。

(1)当桩体没有打到相应强度的持力层,即复合地基没有“生根”于相对硬层时,由基础传给地基的外力过大,应力集中作用瞬时消失或作用很小,载荷引起的应力向周围横向扩散而逐渐趋向均匀,这时主要起垫层作用,如图1(a)。

(2)当桩体打到相应强度的持力层,即复合地基在相对硬层上“生根”时,桩体的压缩模量比土体大,由基础传给地基的外加力,桩土的等量变形逐渐集中到桩体上,使土体负担的压力相应减小,从而整个地基的承载力有所提高。这种应力集中的作用在桩体很结实,桩间土也比较密实的复合地基更为明显,如图1(b)。

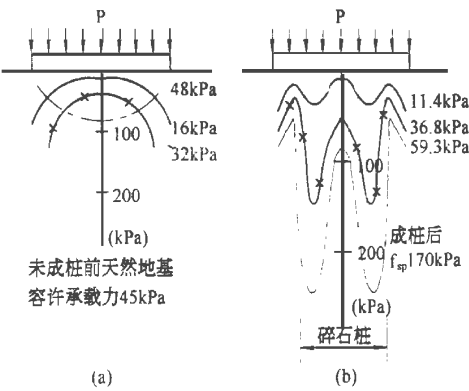


图 1 载荷板下的反力实测分布示意图  
(a)天然地层;(b)复合地基

### 1.2 桩间土在制桩后,其强度有个变化提高稳定过程

(1)对于粘性土,国内外不少人做过实测对比,成桩后随即测检,桩间土不排水抗剪强度比原有土强度降低20%~40%;经过28天后的恢复提高而趋于稳定。这时测检比原有土的强度提高110%~130%。

(2)对于砂质土和砂土,这个过程不明显或不存在,成桩后其强度即可提高到原有土的 1.3~ 1.5倍,甚至更高。

这种变化提高过程,我们在珠海某通用厂房一条 A轴线两侧对应 18个点的测检中也得到证实。北侧 9个点,成桩 3天内动触检测,南侧对应的 9个点(相距 3.8 m),成桩后 28天动触检测,结果详见表 2

表 2

| 土层         | 粘性杂<br>质填土   | 填土、粘<br>性砂砾层 | 粘土、<br>砂砾层   | 综合           |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 深度<br>/m   | 1.5<br>~ 2.5 | 2.5<br>~ 4.0 | 4.0<br>~ 6.0 | 1.5<br>~ 6.0 |
| 3天内的平均击数   | 2.29         | 3.48         | 5.74         | 3.84         |
| 28天后的平均击数  | 2.91         | 3.77         | 5.81         | 4.16         |
| 28天与 3天的比率 | 1.271        | 1.083        | 1.021        | 1.08         |

1.3 桩体超载时破坏的情况

桩体超载破坏有刺入、剪切、鼓出三种情况。刺入破坏在桩体很短的情况下可能出现,但一般桩长超过 4 m就不会出现。剪切破坏在基础底面很小或有边载的情况下才会出现,但一般住宅建筑不存在这种情况,因此鼓出破坏才是主要问题。鼓出破坏在桩体上端,一般深度在 2倍桩径范围内的径向位移最大;当深度超过 3倍桩径时,径向位移很小,可以忽略。

综合上述分析,对碎石桩复合地基的性质可以这样概括:它是一厚垫层(不是传统所指的垫层),又是一个新的持力层。它与常规垫层受载情况比较见图 2

碎石桩复合地基是由桩与桩间土的相互结合作用,形成了较好的应力集中作用

2 提高碎石桩地基承载力的途径

碎石桩地基承载力的提高途径在于提高桩体强度、桩间土强度和增大置换率

2.1 提高桩体和桩间土强度

提高桩体的密实度和均匀性,可以提高桩体强度。其实质是均匀投入足够的石料并给以足够的冲振能。因此,制桩过程中每一

个拔管、投石、振(冲)实小循环的工作质量起决定的作用。

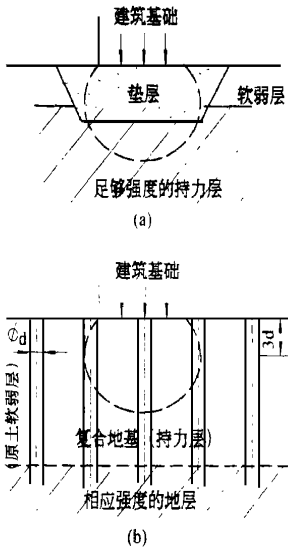


图 2 两种地基受载情况比较  
(a)常规垫层;(b)复合地基

桩体强度提高还受土体性质的影响和限制,如在粘性土制桩,桩体强度极限值在 250~ 350 kPa,再要提高难以做到;在砂性土制桩,桩体强度可高达 350~ 600 kPa;在淤泥质土制桩,则桩体很难密实,用复打和反插方法也较有限。

提高桩间土的强度,方法是增大桩径和制桩时增加振挤,以使土体得到较好的密实。其方法仍是投入足够的石料。

2.2 提高置换率

其方法是增大桩径和减小桩距,实质是增大单位土体中的投石量。桩距是施工中不变的参数,施工中能变动的参数是桩径。因此要增大置换率,只有靠增加投石量去取得。

置换率的变化对复合地基承载力的影响很大。在同样的桩体强度和桩间土强度条件下,承载力的增减决定于置换率的增减。它是改变复合地基承载力一个很活跃又很关键的因素,设计和施工中都要给予足够的

(下转第 26页)

车 2台,起重高度 $\nless 13$  m; ZL- 15型装载机 1台;供水压力 $\gt; 0.5$  MPa 供水量 $\gt; 20$  m<sup>3</sup> / min的水泵 2台。

#### 4 施工工艺

##### 4.1 施工工序

(1)就位:吊机起吊振冲器对准桩位,开启供水泵,待振冲器下端水口出水后,启动振冲器。

(2)造孔:吊机下放振冲器,使其贯入土中。造孔过程中应保持振冲器呈垂直状态。当电流超过电机额定电流时,应减速下沉,待电流值下降后再继续向下造孔。若孔口不返水应加大供水量,记录造孔时的电流

(3)清孔:造孔停止后,当返水口的含泥量很高或孔口被泥土淤塞时,一般要清孔。即把振冲器提出孔口,然后再次下沉,往复 1~ 2次。

(4)填料:采用连续填料法,振冲器振密,只要在其深度上达到密实(密实电流升至 100 A时),就往上提振冲器,再继续振密、填料、振密、上提。如此反复至制桩结束。

##### 4.2 施工参数

施工时,振冲器尖端喷水中心孔与孔径中心偏差 $\nless 50$  mm,振冲造孔后,成孔中心与设计定位中心偏差 $\nless 100$  mm;桩顶中心

与定位中心偏差 $\nless 0.2D$  ( $D$ 为桩孔直径)。

造孔时水压保持  $0.4\sim 0.6$  MPa,水量尽可能大;制桩时水压一般为  $0.2\sim 0.3$  MPa,水量略小。

加密时的电流控制在  $90\sim 100$  A。

留振时间控制在  $10\sim 20$  s。

施工所用石料最大粒径 $\nless 50$  mm,含泥量 $\nless 10\%$ 。

#### 5 技术经济效果

本地基处理方案经济合理,总造价比相应直径钢筋混凝土灌注桩节省 30万元,占总造价的 30%。施工质量好,工期短。

#### 6 结语

通过秦皇岛市煤气总公司煤气柜振冲碎石桩地基处理,摸索出了一套适合秦皇岛地区特点的振冲碎石桩施工工艺及质量控制措施,为振冲法在秦皇岛以及类似地质条件地区的推广应用起到了促进作用。

#### 7 参考文献

- [1] 地基处理手册编写委员会.地基处理手册.中国建筑工业出版社,1988.
- [2] 凌治平主编.基础工程.人民交通出版社,1993.

(上接第 24页)

重视。

#### 2.3 施工中桩径的调整

土体是不均匀的,同一土层中也有不均匀的地段。为了满足设计要求,施工中对不同的土层、地段的桩体直径必须进行调整。即对松软土多投石、多冲振,以增大桩径和提高桩及桩间土的强度;反之,对较结实的土,可少投石,虽然桩径小了一些,但桩和桩

间土已有较高的强度,仍能满足设计要求。这样,实际的桩体是不均匀的,而是各段大小不等的桩体。这个措施,施工人员要很好掌握。

总之,当桩距、桩径决定后,根据不同的土体,投入足够的石料和提高每一个小循环的工作质量,是提高碎石桩复合地基承载力的根本途径和方法。