

碎石桩复合地基承载特性研究

经来旺

(淮南工业学院, 淮南 232001)

【摘要】 通过对广州市某快速干线一标段碎石桩复合地基承载特性研究, 分析了桩、土应力的变化规律和碎石桩处理软土地基的机理及其特点。

【关键词】 碎石桩; 桩土应力比; 复合地基

【中图分类号】 TU 472.3+5

【Abstract】 Through the research of bearing capacity of gravel piles used in the first segment of a certain highway in Guangzhou, the regulation of piles and soil as well as the mechanism and characteristics of gravel piles used to treat soft soil is analyzed.

【Key words】 gravel piles; the stress ratio of piles and soil; composite foundation

0 引言

关于碎石桩加固软土地基的应用, 尽管在我国已有 20 多年的历史(1977~1999), 但是有关加固的地基和建于这种地基之上建筑物的实际性状的资料并不多, 至于在高速公路上的应用就更少。本文以广州市某快速干线一标段——广汕立交主线南引道软土地基为研究对象, 对振冲法施工的碎石桩复合地基分别做了单桩、天然地基土、桩间土的承载试验, 找出了桩、土应力比的变化规律, 建立了复合地基承载力—沉降关系曲线的理论推算方法, 实践证明, 文中所提及的试验方法是一种值得推广的现场检测碎石桩质量的简易实用的方法。

1 工程地质概况

广州市某快速干线一标段, 位于广州市天河区东北部长堤村, 广州市北环高速公路东侧, 广汕路南 100 m 处, 表土层厚约 21.0~30.7 m, 由人工堆积、冲洪积及残积层组成, 基岩为罗岗岩体; 表土层中孔隙水含量较高, 钻孔稳定水位为 0.6~2.8 m, 该地年平均降水总量约 1 694.1 mm。该地段软基处理方案: 原设计为 $\phi 55$ cm、长度为 5 m 的

水泥粉喷桩, 后因地下水含量较高而变更为振冲法碎石桩, 桩长 7.0 m, 桩径 0.75 m, 间距 1.5 m。

2 试验概要

取广州市某快速干线之广汕立交主线桥南引道 6 m×6 m 的范围作为试验场地(见图 1), 桩距 1.5 m、长 7.0 m、桩径 0.75 m、碎石粒径 4~5 cm。试验时间为桩体施工完毕之后的第 10 d。

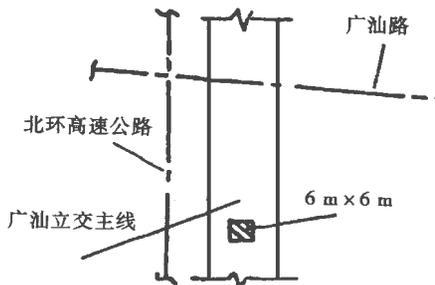


图 1 试样取定范围

3 试验项目

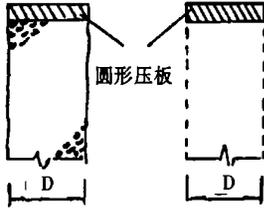
3.1 单桩和天然地基承载试验

如图 2 所示, 试验采用的压板为钢质圆形压板, 其中单桩承载试验、桩间土承载试验

作者简介: 经来旺, 1964 年生, 男, 汉族, 江苏南京人, 讲师。1982 年毕业于淮南矿业学院矿井建设专业, 研究方向为固体力学、高速公路软基处理。

和天然地基承载试验所用压板直径与桩径均相同。

3.2 群桩复合地基的压力沉降关系



(a)单桩载荷试验 (b)天然地基及桩间土载荷试验

图2 单桩及天然地基桩间土载荷试验

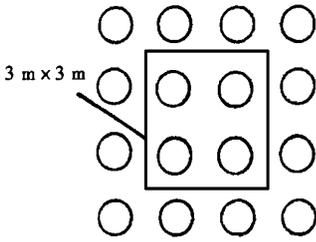


图3 群桩复合地基载荷试验

如图3所示,群桩复合地基试验需面积为3m×3m的压板一块,如要求加压到500kPa,就需要4500kN的重物。由于此条件在施工现场难以解决,故采用一种理论推算的方法,即,根据单桩试验资料推求群桩复合地基的压力—沉降关系曲线的方法。据文献[1]可知:在做群桩试验时,存在着如下的关系

$$\sigma_{sp} = \sigma_s [1 + (n - 1)m] \quad (1)$$

$$s_{sp} = \left(\frac{0.89D + 0.3}{b + 0.3} \cdot \frac{b}{0.89D} \right)^2 \frac{ns_p}{1 + (n - 1)m} \quad (2)$$

式中: σ_p ——单桩载荷作用时的桩上应力, kPa;

σ_s ——桩间土上作用的应力, kPa;

σ_{sp} ——群桩复合地基上作用的应力, kPa;

s_p ——单桩载荷作用下的沉降量, cm;

s_s ——桩间土上载荷作用下的沉降量, cm;

s_{sp} ——群桩复合地基沉降量, cm;

n ——桩、土应力比; $n = \sigma_p / \sigma_s$

m ——面积置换率, $m = \pi D^2 / b^2$, (此处压板覆盖4根桩)。

D ——桩径, cm; 本试验 $D = 75$ cm;

b ——群桩复合地基大型载荷试验方压板边长, 为两倍的桩间距, 本试验取300 cm。

从式(1)、(2)可以看出: 只要求出单桩试验数据 σ_s 、 σ_p 、及 n 就可利用该两式求出 $\sigma_{sp} - s_{sp}$ 变化规律曲线, 具体做法如下:

①、已有单桩载荷试验和桩间土载荷试验的压力沉降曲线 ($\sigma_p - s_p$ 线和 $\sigma_s - s_s$ 线)。假设沉降 $s_i (i = 1, 2, 3, \dots, g)$ 。

②、从给定的 $\sigma_p - s_p$ 线和 $\sigma_s - s_s$ 线查出对应于各个 s_i 的 σ_{ip} 和 σ_{is} 值。计算桩土应力比 $n_i, n_i = \sigma_{ip} / \sigma_{is} (i = 1, 2, 3, \dots, g)$ 。

③、设复合地基上方形压板的宽度 $b = 2d (d$ 为桩间距), 计算面积置换率 $m = \pi D^2 / b^2$ (覆盖4根桩)

④、已知 $m、n_i$ 后, 按照式(1)、(2)计算复合地基的作用应力 σ_{isp} 和对应的沉降量 s_{isp} 。

⑤、根据 σ_{isp} 和 $s_{isp} (i = 1, 2, 3, \dots, g)$ 绘制复合地基大型载荷试验的 $\sigma_{sp} - s_{sp}$ 曲线。

3.3 列出置换前后的十字板抗剪强度、标准贯入击数、平均孔隙比。

4 试验要点

①压板底高程: 压板底高程应等于桩顶标高加35 cm(或同上一层垫层底标高一致), 压板下面铺设30 cm厚的碎石垫层和5 cm厚的砂找平层, 板面保持水平。

②加载: 总荷重为设计值的一倍。荷重分级等量施加, 级数为10级; 当上一级荷重引起的沉降量1小时内小于0.25 mm时方可施加下一级载荷。

③读数: 加载前、后各读数1次。

④终止试验: 压力值超过设计值的一倍时即可终止试验(由于本试验复合地基承载力曲线为理论推算得到, 故该项不作要求)。

⑤卸载:分三级等量卸载。卸载时要测读回弹量,直至变形结束。

5 试验结果整理

①从图 4 与图 7 的对比可见,软土地基经碎石桩置换以后,其承载能力提高为原来的两倍左右,处理效果显著。

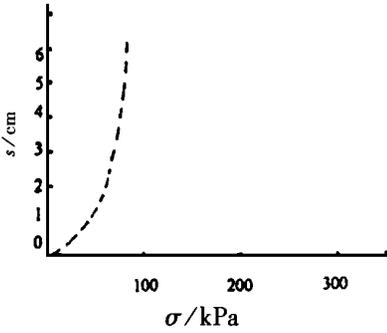


图 4 天然地基承载试验

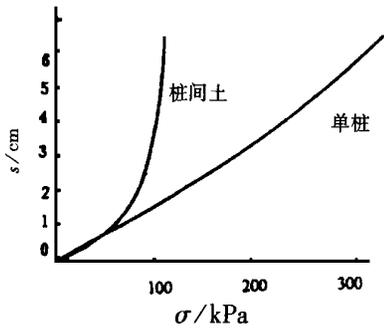


图 5 单桩载荷试验及桩间土承载试验

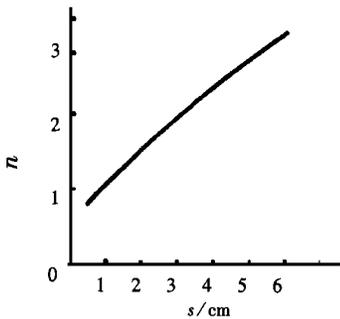


图 6 桩、土应力比随沉降的变化规律

表 1 三项指标变化情况

置换前			置换后		
Cu/kPa	N _{63.5}	e	Cu/kPa	N _{63.5}	e
18.3	6	0.894	21.7	18	0.783

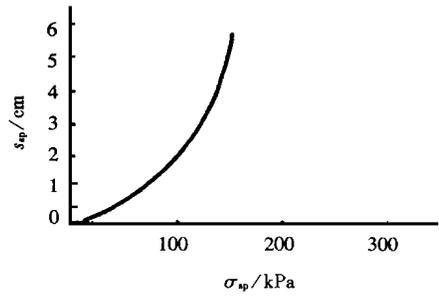


图 7 群桩复合地基压力-沉降曲线

②图 5 中,桩上应力随着载荷的增加而增长较快,而桩间土的应力在 90 kPa 之后随着载荷的增加明显趋缓,这主要是由于碎石桩具有应力集中作用,即在桩与土一起沉降过程中,桩上载荷增大较快的缘故。

③桩土应力比是一个受影响因素较多的物理量,它不仅随着载荷、时间的变化而变化,还与桩土模量比、桩的长径比有关。但是,其总的情况是随着载荷的增加而不断增大的,其范围一般在 1~5 之间。本试验的 n 值为 0.8~3.04,其下限小于 1。这主要是因为:在压力小于 50 kPa 范围时,由于桩间土表面硬层(地面以下 1.5 m 范围,土的孔隙比较小,土体较致密)的缘故,其承载力要稍大于尚待压实的碎石桩;随着压力的不断增大,碎石桩的压缩模量迅速提高,使得应力集中作用得到显现, n 值迅速增大。本试验的 n 值处于相对较低的水平,这主要是碎石桩桩底下部的土层虽较上面土层致密,但总体来看还是较差的(经测其孔隙比仍高达 0.819);故而,此处应力集中的程度不是很高。复合地基的承载力在应力大于 120 kPa 之后明显趋缓,也正是由于这个原因。

④从表 1 中的数据可以看出:标准贯入击数 N_{63.5} 置换后提高了 200%,平均孔隙比 e 降低了 12.4%,十字板抗剪强度 Cu 提高了 18.6%;这些指标提高的程度虽然是明显的,但是相对大多数工程实例来说却是有些

(下转第 108 页)

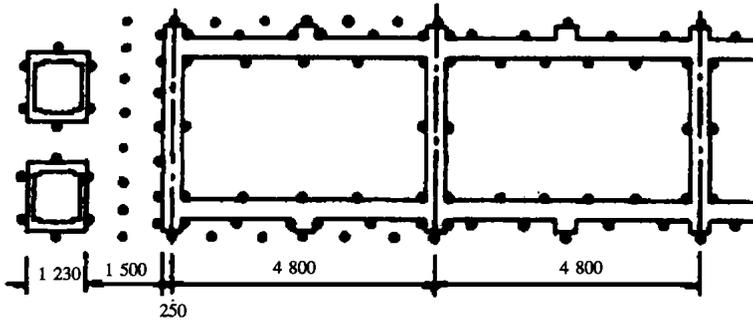


图5 纠偏加固工程平面布桩示意图

④现场试验证明:造桩工艺,桩底及桩周约束条件,冲锤的提升高度和冲击次数以及桩径的大小是保证纠偏加固效果的关键。

⑤桩的最佳长度,及地层条件对双灰桩顶升效果的影响,尚待进一步研究。

收稿日期:1999-11-12

(上接第101页)

偏低的,其主要原因是:

在北环高速公路西侧,地势较高部位有两口面积较大的水塘,正好构成了本试验地段绵绵不断的水源,因此影响了平均孔隙比 e 的降低程度,进而影响了 $N_{63.5}$ 及 C_u 的提高。

⑤天然地基土试验后的卸载回弹总量经测为1.3 cm,而桩间土试验的卸载回弹总量经测仅有0.5 cm,这充分说明了碎石桩的排水效果是非常显著的。

⑥本试验是在桩体完工后的第10天进行的,时间较短,这也是上述试验数据偏小的主要原因;根据有关方面的资料显示:碎石桩复合地基的沉降稳定时间为30~40d,且随着时间的增加, n 值会逐渐增大,承载力相应地也会逐渐的提高。

6 结语

①碎石桩作为一种历史较短的软基处理手段,还有很多方面的问题值得考究,如:它的较为具体的适用范围、最佳长径比、最佳

桩间距等。

②做为一种软基处理桩,同其它处理桩(砂桩、水泥粉喷桩、石灰桩)相比,它有自己突出的特点,如:1)它具有砂桩的排水功能,但在沉降稳定所需的时间上却要比砂桩少的多,2)同水泥粉喷桩、石灰桩及其它灰桩一样,均可用作赶工期的一种软基快速处理手段;但就承载力而言,碎石桩的时间效应是永久的,而其它桩体则有一个高峰期,高峰期一过,桩体的强度会逐渐减小,3)碎石桩适用于地下水含量较大的区域,而其它粉喷桩则没有这种优势。

③在工程成本上,同水泥粉喷桩比较,碎石桩要低20%~30%。

参考文献

- 1 地基处理手册编写委员会. 地基处理手册. 北京:中国建筑工业出版社,1989. 161~211

收稿日期:1999-10-27