

等能量、等贯入度控制挤密碎石桩在北京南五环路地基处理中的应用

曾维联 刘银祥

李玉鹏

(北京首都公路发展有限责任公司 100078) (北京波森特岩土工程有限公司 102218)

[摘要] 等能量、等贯入度控制挤密碎石桩在北京五环路地基处理中的成功应用。开辟了公路地基处理的新途径。与常规碎石桩的对比,该技术工艺先进、地基处理效果好、经济效益明显。

[关键词] 等能量 等贯入度 碎石桩 复合地基 承载力

Application of Gravel Piles Constructed by Equal Energy and Equal Penetration Method in the Fifth Ring Road Engineering in Beijing/Zeng Weilian¹, Liu Yinxiang¹, Li Yupeng² (1 Beijing Highway Construction Management Co., Ltd., Beijing 100078, China; 2 Beijing Puissant Geotechnical Engineering Co., Ltd., Beijing 102218, China)

Abstract: The successful use of the gravel pile in the fifth ring road of Beijing shows that it is an advanced method of composite ground treatment. Compared with general gravel piles, it's advanced in technology and effective in ground treatment and also economical.

Keywords: equal energy; equal penetration; gravel pile; composite foundation; bearing capacity

一、工程概况及工程地质条件

工程为北京市五环路四期道路工程的引桥和高填方路段,填方高度要求复合地基承载力不小于180kPa,桥台两边10m以内工后沉降变形30~50mm,桥台两边10m以外工后沉降变形10~15cm。

根据工程勘察报告,各土层的物理力学性质指标见表1,现场勘察期间未见地下水。

表1 土层物理力学指标

成因年代	土层名称	厚度(m)	天然重度(kN/m ³)	压缩模量(MPa)	地基承载力标准值 f_{ka} (kPa)
人工堆积层	房渣土①	1.2	18	4	100
新近沉积层	粘土②	2.0	19	11	120
	亚粘土③	3.4	19	10	200
第四纪沉积层	中砂④	5.3	20	25	250

二、碎石桩复合地基方案的确定

由于填土承载力低,压缩性大,不能直接作为道路路基使用。对于填土地基的处理,常用的方案为大开挖后回填级配石,但回填工程量大、工期长、工程费用高;也可采用振冲碎石桩,承载力也能达到要求,但该工艺采用水流冲击成孔,通过碎石置换土颗粒形成碎石桩复合地基,工艺对粘性土的挤密效应差,根据经验对地基承载力的提高约30~40kPa,且施工过程中产生大量泥浆、污染环境。沉管挤密碎石桩,对桩间土能有效挤密,但该工艺不能实现上下桩体均匀,反插工艺对桩管损害较大,加大了施工成本,且桩体强度也有

限,故复合地基承载力提高也有限。采用等能量、等贯入度控制挤密碎石桩复合地基,通过填料夯击使桩间土颗粒重新排列、固结,提高了桩间土的强度,消除了土的液化,同时由于植入强度较高的碎石桩体,提高了地基承载力,提高了地基的变形模量,减少了地基变形。北京南五环地基土为新近沉积和第四纪沉积层,砂土厚度较大,属于中等液化土,采用等能量、等贯入度控制挤密碎石桩既能提高地基承载力,又能消除土的液化,且该技术施工快捷、经济优势明显,经比较最终确定采用等能量等贯入度挤密碎石桩复合地基。

三、复合地基承载力的设计

以九标路段为例进行设计。根据工程地质勘察报告,初步设计碎石桩桩径为 $\phi 600\text{mm}$,桩长为8.0m,桩间距为1.6m,呈正方形布置,置换率 $m = 0.11$,地基土承载力为100 kPa,碎石桩收锤控制一击贯入度为15cm,根据经验桩体承载力可取800kPa,地基土提高系数取1.1。则:

$$f_{sp,k} = 0.087 \times 800 + 1.1 \times (1 - 0.11) \times 100 = 186\text{kPa} > 180\text{kPa}$$

满足设计要求。

四、复合地基的检测

为了解等能量、等贯入度控制挤密碎石桩处理后复合地基的处理效果,分别对桩间土进行标贯试验和复合地基的承载力检测试验。

1. 标贯试验

施工完毕后对整个场地砂土进行原位标贯试验,经检测,处理完毕后桩间砂土标贯击数都明显提高,平均提高幅度为38.9%,由此可见夯击完毕后的桩间土重新排列,密实度提高,而密实度是决定砂土液化的一个重要因素,通过对数据整理分析表明,砂土不发生液化。

2. 复合地基静载荷试验

按天然土层分层,分别计算加固区和下卧区的变形,依据规范法对复合地基进行沉降计算,并根据沉降变形计算结果对碎石桩桩长进行调整,经计算沉降经验系数为0.2,沉降计算值为49mm。根据规范进行三点单桩复合地基静载荷试验,所有试验曲线都呈缓变型,在2倍设计荷载下最大变形为40.35mm,与设计计算相符。图1为部分试验点的载荷曲线Q-s曲线,施工参数见表2。

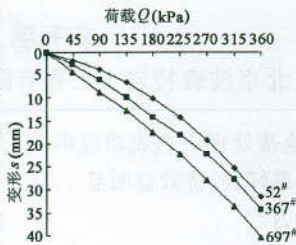


图1 部分复合地基平板静载荷试验 Q-s 曲线

3. 变形模量计算

复合地基变形模量按照下式进行计算:

$$E_0 = \frac{\pi b d l}{4l} (1 - \mu^2)$$

式中: E_0 为变形模量(MPa); d 为承压板直径(m); l

(上接第31页)

复合载体夯扩桩前相比分别提高了56%和15%,与载体密实理论相符。可见,在加固区由于填料夯击,土体被挤密,土体承载力和压缩模量大幅度提高。

4. 沉降观测

天龙药业综合楼自施工到±0.00后开始沉降观测,通过对一年多的观测数据分析,各观测点沉降差较小,施工一年后平均沉降量为17.64mm,且发展趋于稳定,与设计计算基本相符,沉降曲线见图3。通过沉降观测曲线可见,复合载体夯扩桩不仅满足结构受力要求,而且减少了整个建筑的变形和不均匀沉降。

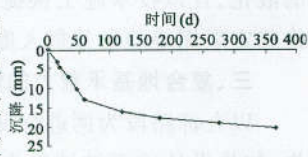


图3 天龙药业综合办公楼沉降观测曲线

六、复合载体夯扩桩与其它桩型经济对比

天龙药业综合办公楼采用复合载体夯扩桩基础,总造价97万元,如果采用钻孔灌注桩基础、沉管灌注桩、CFG桩基础,造价分别为293万元、169万元和180万元。详细对比情况见表2。

七、结语

复合载体夯扩桩力改传统的地基处理观念,通过特殊工艺施工,使桩下一定深度范围内的被加固土体

试桩施工参数表

表2

试点号	桩径 (mm)	桩长 (m)	碎石填料 (m ³)	一击贯入度控制 (cm)
52#	600	8.0	2.51	14
367#	600	8.0	2.48	14
697#	600	8.0	2.58	13.5

为承压板的沉降量(mm); p 为承压板压应力(kPa); μ 为地基土泊松比。

经过计算,当压应力为180 kPa时,经处理后的地基土变形模量为35MPa。地基压缩模量明显提高。

五、结语

通过等能量、等贯入度控制挤密碎石桩技术在北京南五环路工程中的应用,证明了该技术在处理路基的地基处理是可行的,由于其成本低,施工质量易保证,为国家节省了大量成本,该地基处理技术具有广阔的应用前景。

参 考 文 献

1. 建筑地基处理技术规范(JGJ79—2002). 中国建筑工业出版社, 2001.
2. 叶书麟等. 地基与基础施工手册. 中国建筑工业出版社, 1995.
3. 北京城乡勘察设计院. 北京五环路勘察报告, 2000.
4. 孙玉文等. 等能量等变形挤密碎石(渣土)桩的介绍(内部资料). 2000.

复合载体夯扩桩与其它桩型经济对比表

表2

桩基类型	承载力 (kN)	桩数 (根)	桩径 (mm)	桩长 (m)	造价 (万元)
复合载体夯扩桩	1 600	610	410	7	97
钻孔灌注桩	1 600	610	600	17	293
沉管灌注桩	700	1 405	400	12	169
CFG桩	900	1 122	400	15	180

注:(1)承载力指设计单桩竖向承载力极限值;(2)桩径、桩长均为设计值。

填料经夯击后形成扩展基础,该工艺在施工中能就地取材,充分地利用固体废弃物或廉价的建筑材料作为填充料,变废为宝,具有显著的社会效益。该技术由于其先进的技术特点和成熟的施工工艺已成为盘锦地区首选的地基处理方案,随着该技术的进一步成熟、完善,复合载体夯扩桩技术会在更多的领域发挥作用。

参 考 文 献

1. 复合载体夯扩桩设计规程(JGJ/T135—2001). 中国建筑工业出版社, 2001.
2. 建筑地基处理技术规范(JGJ79—2002). 中国建筑工业出版社, 2002.
3. 建筑桩基技术规范(JGJ94—94). 中国建筑工业出版社, 1995.
4. 建筑地基基础设计规范(GB50007—2002). 中国建筑工业出版社, 2001.