

等能量、等贯入度控制挤密碎石桩复合地基 在中央美院迁建工程中的应用

杨启安 张建洪 赵文彪

(北京波森特岩土工程有限公司 102218)

[摘要] 结合中央美院的地基处理,对等能量、等贯入度控制挤密碎石桩的设计与检测进行分析与介绍。该工艺施工操作简单、质量易控制,对提高地基土承载力、减少建筑基础的不均匀沉降具有明显效果。

[关键词] 等能量 等贯入度 一击贯入度 承载力 变形 挤密

Application of Gravel Piles Constructed by the Equal Energy and Equal Penetration Method in the Rebuilding Engineering of the Central Academy of Fine Art/Yang Qi'an, Zhang Jianhong, Zhao Wenbiao(Beijing Puissant Geotechnical Engineering Co., Ltd., Beijing 102218, China)

Abstract: The design and test of the gravel pile used in the ground treatment of the Central Academy of Fine Art are introduced, and the technology is simple to construct and control the quality. It is effective to increase the bearing capacity of the ground and reduce the settlement of the foundation.

Keywords: equal energy; equal penetration; one drive penetration; bearing capacity; settlement; crowd dense

一、工程概况

工程位于北京朝阳区望京,包括10座建筑,由清华大学设计院进行结构设计。原设计采用钢筋混凝土桩基,但由于桩间土承载力较低,单纯采用桩基础,桩长较长,成本较高,后修改设计为:对于宿舍楼、后勤办公楼、食堂和锅炉房采用碎石桩处理,另四栋楼先采用挤密碎石桩对桩间土进行处理,然后在施工钢筋混凝土桩基,这样可以大大节省成本。宿舍楼、后勤办公楼、食堂和锅炉房要求处理后的地基承载力特征值为180kPa和采用碎石桩与桩基相结合的另四栋楼要求碎石桩处理后地基承载力不小于120kPa。拟建场地原为一废弃砖窑及取土大坑,新近用杂填土回填,厚度8.0~25.0m不等,其成分以块径大小不均的建筑垃圾为主,局部为素填土。具体地质参数如表1。

工程地质参数 表1

土层	厚度(m)	w(%)	γ (kN/m ³)	I_L	e	E_s (MPa)	f_k (kPa)
①杂填土	10.1~23.5	—	—	—	—	约3.2	55
②粉质粘土	2.1~4.5	21.8	20.4	0.4	0.627	16.2	200
② ₁ 粘土	2.1~2.9	31.3	19.1	0.3	0.905	13.4	200
③中砂	15.0~16.7	—	—	—	—	35.8	270
④卵石	未揭穿	—	—	—	—	43.5	450

二、方案的选择与试验分析

根据地质勘察报告,该场地上部较大深度范围内为杂填土,由于杂填土为新近填积,承载力低,仅为55kPa,且压缩性大,市政设施的沉降要求都无法满足,

且由于杂填土摩阻力低,桩基若直接在原状土下设计,必须穿过杂填土层,成本较高。经过专家论证,首先对场区内土体进行加固处理,然后分别对上部结构荷载高的建筑地基进行桩基处理。为对设计提出可靠的设计依据,设计施工前对场区局部区域进行试桩施工和试验,如图1所示。

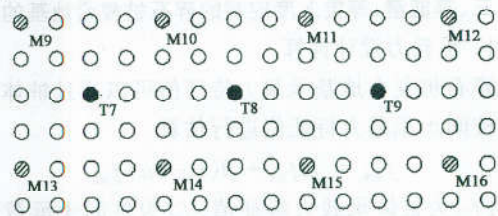


图1 场区试桩平面图

试验方案为:1)试验区域内首先采用等能量、等贯入度控制的挤密碎石桩,设计桩径为 $\phi 600$ mm,桩长为8.0m,桩间距为1.5m \times 1.5m;2)试验复合载体夯扩桩3根,桩径800mm,桩长19.5m;3)试验混凝土灌注桩基3根,桩径1000mm,桩长24.5m,分别确定其承载力和侧摩阻力;为准确了解处理完后土的侧摩阻力,分别在桩基钢筋上安设钢筋应力计以了解力的分配。

试桩试验:1)采用慢速维持荷载法对混凝土桩进行竖向静载荷试验确定单桩承载力,同时测量桩侧摩阻力和桩端阻力的发展变化;2)对碎石桩复合地基桩间土进行试验,分析处理前后地基土承载力的变化;3)采用现场原位标贯试验,分析处理前后地基土的物理

力学指标的变化。

对试验数据进行分析处理得:1)桩侧摩擦力随桩顶位移增加而逐渐增大,杂填土极限侧摩阻力可达60kPa;2)桩间土的标贯击数明显提高,孔隙比明显降低,处理前后标贯击数和孔隙比的对比如图2所示。3)场地地基承载力明显提高。地基处理前承载力按照经验约为50kPa,经处理后桩间土承载力变为100kPa,承载力提高了100%,图3为处理前后地基土承载力对比载荷试验曲线。

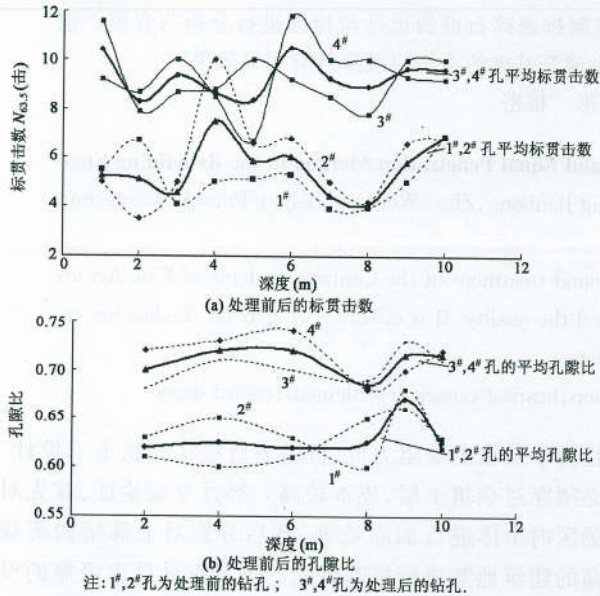


图2 碎石桩处理前后土体标贯击数与孔隙比的对比

三、等能量、等贯入度控制的碎石桩复合地基的设计

1. 承载力设计计算

碎石桩复合地基承载力特征值可以通过桩体承载力和桩间土承载力特征值进行估算

$$f_{spk} = mf_{pk} + \beta(1-m)f_{sk}$$

其中: f_{pk} 为桩体承载力特征值, f_{sk} 为桩间土承载力特征值, β 为桩间土承载力提高系数, $m = A_p/A$ 。

工程碎石桩处理包括两部分,其一为学生宿舍楼、后勤办公楼、食堂和锅炉房,其二是对整个场区道路路基的处理和另四栋楼的混凝土桩桩间土的处理,分别对这两部分进行设计。

(1) 建筑物地基处理的设计

设计桩径 $\phi 600$, 桩长 8m, 桩距采用 $1.5m \times 1.5m$, $m = 0.126$ 。根据经验,最后一击控制贯入度为 15mm, f_{pk} 取 1 000kPa, 桩间土承载力为 55kPa, 由于处理后土的承载力都有所提高,承载力提高系数取 1.3, 则 $f_{spk} = 188kPa > 180kPa$, 满足设计要求。

(2) 路基基础和灌注桩桩间土处理的设计

设计桩径 600, 桩长 8m, 桩距采用 $2.0m \times 2.0m$, $m = 0.071$ 。最后一击控制贯入度为 15mm, 根据经

验, f_{pk} 取 1 000kPa, 桩间土承载力为 55kPa, 由于处理后土的承载力都有所提高,故承载力提高系数取 1.3。则 $f_{spk} = 137kPa > 120kPa$, 满足设计要求。

2. 变形验算

根据规范 GB50007—2002 计算复合地基变形。由工程地质勘察资料和荷载, $p_0 = 180mm$, $\psi_s = 0.4$, 经计算采用碎石桩后建筑物沉降变形 $s_{max} = 33.6mm$, 满足设计要求。

3. 经济对比

工程共包括 10 座建筑物,其中学生宿舍楼、后勤办公楼、食堂和锅炉房地基和道路采用等能量等变形挤密碎石桩处理,教学楼等 4 栋采用碎石桩处理后再施工钢筋混凝土灌注桩。经与直接采用混凝土灌注桩对比,大大节省了造价,表 2 为采用碎石桩处理和不采用碎石桩经济对比。

采用碎石桩处理与否的经济对比 表 2

楼号	方案	桩基		碎石桩		造价(万元)
		桩长(m)	桩径(mm)	桩长(m)	桩径(mm)	
A	桩基础	35	1 000	—	—	736
	碎石+桩基础	25	1 000	8.0	600	533
B	桩基础	18	800	—	—	532
	碎石复合地基	—	—	8.0	600	345

注:A为承载力高采用碎石桩和混凝土桩的建筑,B为承载力低只采用碎石桩处理的建筑。

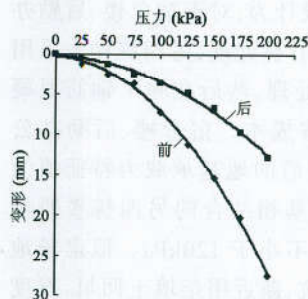


图3 碎石桩处理前后土体承载力对比

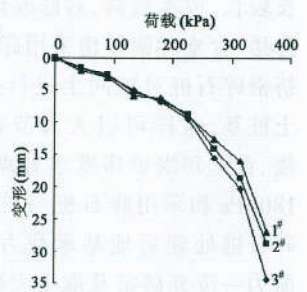


图4 部分工程桩静载荷试验曲线

四、成桩检测

挤密碎石桩在施工过程中,对周围土体进行夯击,产生应力波使周围部分土体结构破坏,并产生超孔隙水压力,故施工完毕短时间内土体的承载力有可能比处理前略低,但随着孔隙水压力的消散和土体的固结,土体承载力会逐渐提高,所以,碎石桩施工完毕后不能立即进行检测,须有一定的间隙期,一般为 14d。

在碎石桩施工完毕 14d 后对复合地基进行随机抽样试验,所有试点都满足设计要求,图 4 为采用部分复合地基的静载荷试验曲线。

(下转第 65 页)

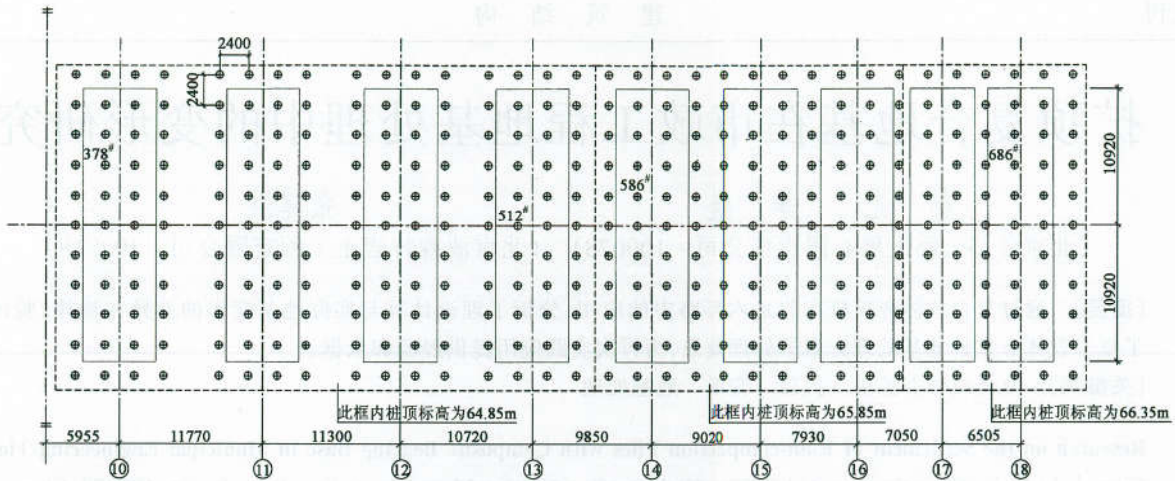


图1 基础布桩平面图

对复合地基进行深度修正,深度修正系数 $\eta_d = 1.0$,经深度修正后,复合地基承载力为 290kPa,大于 255kPa,满足设计要求。

2. 复合地基的变形计算

扩顶复合地基通过扩顶将上部荷载更多地传递到载体端部土体,减少了桩间土的变形,故减小了复合地基的变形,其沉降计算采用常规复合地基沉降计算公式。经计算复合地基的变形为 17.49mm。

三、复合地基承载力的检测结果

在本工程地基处理中,共布桩 726 根,布桩平面图见图 1。依据《建筑地基处理技术规范》中对复合地基的检测要求,共进行了 5 个承台复合地基的静载荷检测试验和 220 根桩的低应变动力检测。静载荷检测结果证明,采用扩顶处理的复合载体夯扩桩复合地基满足上部结构要求,部分试验桩的 $Q-s$ 曲线见图 2;低应变动力检测结果显示桩身完好,均属一类桩。

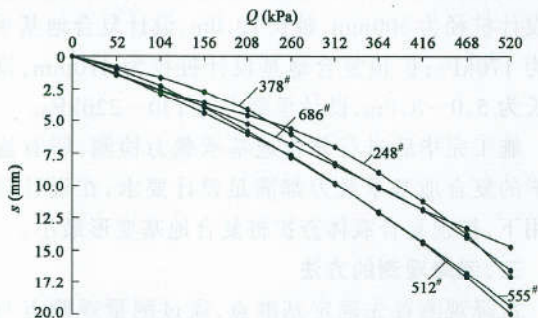


图2 部分试桩 $Q-s$ 沉降曲线

按照曲线形状和相对应沉降量综合分析,复合地基在荷载 520kPa 作用下,均未出现极限特征,曲线呈缓变的抛物线型。这是因为复合载体夯扩桩不会出现刺入破坏现象,主要表现为桩端下土层的压密变形,压密区的土体既有较高的承载力,又有较小的压缩变形。

因此在长期使用荷载作用下,桩端土体不仅不会破坏,而且会因不断固结压密而提高其承载力,所以应用复合载体夯扩桩是足够安全的。

四、结语

工程也可采用 CFG 桩复合地基进行处理,通过方案设计,采用 CFG 桩时,设计桩长约 12m,桩径 400mm,布桩约 1 600 根,总造价约 110 万元;而采用复合载体夯扩桩复合地基,总造价为 60 万元,节省造价 50 万元,节约 46%。可见扩顶复合载体夯扩桩复合地基作为一种新型复合地基,是处理软弱地基比较经济、有效、可靠的方法。

该工艺还具有施工速度快、质量好、造价低、沉降量小和利于环保等优点。

参 考 文 献

1. 复合载体夯扩桩研究报告(内部资料).北京波森特岩土工程有限公司,1997.
2. 复合载体夯扩桩设计规程(JGJ/T135—2001).中国建筑业出版社,2001.
3. 建筑桩基技术规范(JGJ94—94).中国建筑业出版社,1994.
4. 桩基工程技术.中国建筑业出版社,1996.
5. 建筑地基处理技术规范(JGJ79—2002).中国计划出版社,2002.

(上接第 76 页)

五、结语

通过工程应用可见,等能量等贯入度控制的挤密碎石桩在处理承载力要求低的复合地基和大范围内加固土体的地基处理中效果特别明显,它通过填料夯击,改变了土体的物理力学指标,提高了土体的承载力,具有显著的经济效益,是一项值得大力推广的施工工艺。

参 考 文 献

1. 顾晓鲁,钱鸿晋,刘惠珊等.地基与基础.中国建筑业出版社,2002.
2. 刘金砺.桩基础设计与计算.中国建筑业出版社,1990.
3. 复合载体夯扩桩设计规程(JGJ/T135—2001).中国建筑业出版社,1991.