

复合载体夯扩桩在济宁某工业建筑中的应用

许廷文

王强

(茂名市交通工程质量监督站 525000) (中国纺织工业设计院 北京 100037)

[提要] 复合载体夯扩桩技术拓展了传统桩基工程的设计和施工理念,改变了传统的桩端与地基土体之间的作用关系,将上部荷载通过桩身传递到载体后,再扩散到深层土体,提高了单桩承载力,减小了建筑的变形,节省了投资成本。介绍了复合载体夯扩桩在一工业建筑中的应用,为类似工程参考。

[关键词] 复合载体 填充料 挤密土体 三击贯入度

Application of Ram-compaction Piles with Composite Bearing Base in an Industrial Building in Jinan/Xu Yanwen¹, Wang Qiang² (1 Maoming Station for Quality Supervision of Traffic Engineering, Maoming 525000, China; 2 China Textile Industrial Engineering Institute, Beijing 100037, China)

Abstract: The ram-compaction pile with composite bearing base spreads the design and construction theory of the traditional piles. It changes the interaction between the bottom of the pile and the soil below. The load of the structure transmits to the composite bearing base through the concrete pile, and finally spreads to the deeper layer. That makes the pile bearing capacity increase, the settlement of the pile and the cost of the construction reduce. The application of the technology in an industrial engineering is introduced and the engineering experience can be referred.

Keywords: composite bearing base; filled material; soil in compacted zone; three drive penetration

复合载体夯扩桩的核心技术是它改变土体的结构特性,挤密土体,提高土体密实度,同时改变了基础受力的扩散途径。由于它提高了单桩承载力,减小基础变形,在工程中具有显著效益。下面结合济宁具体实例,介绍该技术的设计和施工。

一、工程概况

某工程位于济宁市工业区,有三个主车间,均为3~4层的现浇钢筋混凝土框架结构。柱网尺寸10m×10m,单柱最大荷载11700kN,采用独立承台和复合载体夯扩桩基础,承台埋深2.30m,复合载体夯扩桩设计单桩承载力特征值为1300kN。根据勘察报告提供的地质资料见表1。地下水埋深大于10.0m。

根据上述条件,天然地基不满足设计要求。原设

地基土层特性 表1

土层	层底埋深 (m)	压缩模量 E_s (MPa)	地基承载力特征值 f_{ak} (kPa)
①杂填土	0.3~0.5	-	-
②粉质粘土	2.0~3.5	5.0	130
③粉质粘土	6.3~7.3	5.0	140
④中细砂	9.3~11.0	16.0	190
⑤粉质粘土	12.8~14.5	6.0	160
⑥粘土	17.0~19.0	8.0	190
⑦粉质粘土	22.5~22.8	6.0	180
⑧粘土	27.7	10.0	200
⑨粉质粘土	30.65	7.5	180

计方案选用 $\phi 600 \sim 800$ 的钻孔灌注桩,桩长18.0m。改用复合载体夯扩桩后,实际桩径 $\phi 450$,有效桩长约2.7m。复合载体夯扩桩、钻孔灌注桩及预应力管桩方案对比见表2。

三种方案的对比 表2

桩型	桩径 (mm)	有效桩长 (m)	工期 (d)	费用 (万元)
复合载体夯扩桩	$\phi 450$	2.7	40	186
钻孔灌注桩	$\phi 600 \sim 800$	18.0	60	314
预应力管桩	$\phi 500 \sim 600$	18.0	75	346

二、复合载体夯扩桩单桩设计

1. 参数确定

根据结构设计条件及工程地质剖面,桩端位于层③粉质粘土,持力层为层④中细砂, $f_{ak} = 190\text{kPa}$ 。桩底载体进入层④最少500,桩的入土深度约5.0m,计算深度 $d = 5.0 + 2.0$ (载体高度) = 7.0m,桩径450mm,桩身混凝土强度等级为C30。

2. 单桩竖向承载力估算值

根据《复合载体夯扩桩设计规程》(JGJ/T135—2001),由公式4.2.2:

$$R_a = u_p \sum q_{sia} l_i + q_{pa} A_e$$

不考虑桩周摩擦阻力,对 q_{pa} 按下式进行修正:

$$q_{pa} = f_{ak} + \eta_d (d - 0.5) \gamma_0$$

将 $\eta_d = 3.0$, $\gamma_0 = 18.0\text{kN/m}^3$,代入上式得

$$q_{pa} = 190 + 3.0 \times (7.0 - 0.5) \times 18 = 541.0 \text{ kPa}$$

被加固土层为层③粉质粘土,根据土的液性指标,查表 4.2.2,取三击贯入度 10cm,根据实际经验取 $A_e = 2.5 \text{ m}^2$,则 $R_a = q_{pa} A_e = 1352.5 \text{ kN} > 1300 \text{ kN}$,满足设计要求。

桩身混凝土强度等级为 C30, $0.7 f_c A_p = 0.7 \times 14.3 \times 10^3 \times 3.14 / 4 \times 0.45^2 = 1591.2 \text{ kN}$,大于单桩竖向承载力设计值 1300kN,满足要求。

3. 等代实体深基础承载力验算

桩距为 1.8m。根据规程 JGJ/T135—2001,持力层附加应力按下式计算:

$$p \leq f_a$$

$$p = \frac{F + G - 2(L_0 + B_0) \sum q_{sia} l_i}{(L_0 + 2\Delta R)(B_0 + 2\Delta R)} + \gamma(L_1 + 2)$$

式中, p 为持力层顶面附加压力; F 为桩顶竖向荷载, 9 桩承台 $F = 11700 \text{ kN}$; G 为承台及其上土重, $G = \gamma h A = 850.6 \text{ kN}$; L_0 为从承台底处桩的外缘起算基础的长度, $L_0 = 4.1 \text{ m}$; B_0 为从承台底处桩的外缘起算基础的宽度, $B_0 = 4.1 \text{ m}$; ΔR 为等效计算距离,取 0.6m; q_{sia} 为桩侧第 i 层土的侧阻力特征值,取 25kPa; $L_1 = 2.7 \text{ m}$; γ 为复合载体顶面以上至承台底范围内土的加权平均重度, $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$,地下水位以下取浮重度。则

$$p = \frac{11700 + 850.6 - 2 \times (4.1 \times 4.1) \times 25 \times 2.7}{(4.1 + 2 \times 0.6) \times (4.1 + 2 \times 0.6)} + 18 \times (2.7 + 2) = 450.6 \text{ kPa}$$

等代实体平面见图 1 所示。

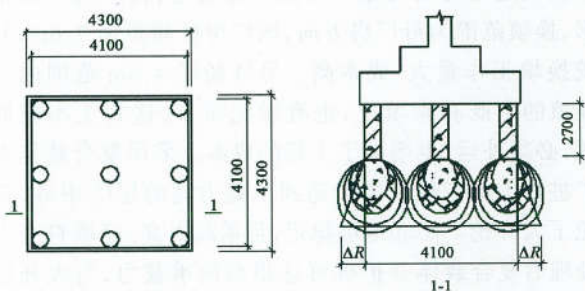


图 1 承台下布桩

持力层承载力按下式修正

$$f_a = f_{ak} + \eta_b \gamma (b - 3) + \eta_d \gamma_m (d - 0.5)$$

式中, f_{ak} 为地基承载力特征值, $f_{ak} = 190 \text{ kPa}$; b 为等代实体宽度, $b = 4.1 \text{ m}$; d 为基础等代实体深度, $d = 7.0 \text{ m}$; η_b, η_d 为相应于宽度和埋深的承载力修正系数,中细砂层, $\eta_b = 2.0, \eta_d = 3.0$,则:

$$f_a = 190 + 2.0 \times 18 \times (4.1 - 3) + 3.0 \times (7.0 - 0.5) \times 18 = 580.6 \text{ kPa} > 450.6 \text{ kPa}$$

满足要求。

三、复合载体夯扩桩施工工艺

复合载体夯扩桩的质量控制,施工很关键。该桩型的施工机具为专用设备,行动轻便自如,除液压系统外,主要有 3.5t 重锤和护筒。设备就位后,先将细长锤及护筒对准桩位。把重锤提升 6m 后自由落体,夯击挤密土体。在提升重锤的同时,把护筒沉至设计标高。然后,提升重锤高出填料口,先反复夯填建筑垃圾,再填 $\geq 0.35 \text{ m}^3$ 干硬性混凝土反复夯实。承载体密实后,实测最后三击贯入度,每击的贯入度不大于前击贯入度,三击总贯入度应满足设计要求。如不满足设计要求应继续填料夯击。最后以满足三击贯入度要求为收锤标准。进入下一道工序,放钢筋笼,浇灌混凝土成桩。

四、单桩竖向静载荷试验

单桩竖向静载荷试验根据国家验收规范进行。工程选取三根桩做静载荷试验,单桩竖向极限承载力大于 2600kN,最终沉降量小于 18mm,均满足设计要求。 $Q-s$ 曲线呈缓坡型,无明显拐点,这充分说明三根桩还处于弹性工作状态。卸载后,回弹率在 30%~40% 左右(5mm),说明复合载体夯扩桩承载力还有一定的储备。静载荷试验的 $Q-s$ 曲线如图 2 所示。

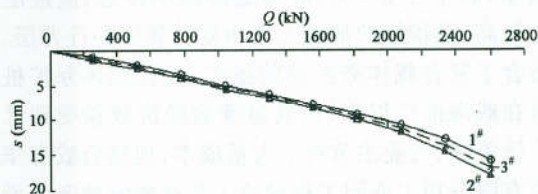


图 2 荷载-沉降曲线

五、结论

通过济宁一实际工程复合载体夯扩桩的设计计算、施工工艺和检测结果分析,并对复合载体夯扩桩与常用的钻孔灌注桩和预应力管桩作经济对比分析,表明对上部为软弱土层、其下为承载力较高的土层进行地基基础设计时,复合载体夯扩桩具有明显的优势,是一项值得推广的工艺。

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. 建筑地基基础设计规范(GB50007—2002). 中国建筑工业出版社,2001.
3. 山东正大莲花生物科技楼地质勘察报告.2003.
4. 顾晓鲁,钱鸿晋,刘惠珊等.地基与基础.北京:中国建筑工业出版社,2002.