

复合载体夯扩桩在天龙药业有限公司 综合楼工程中的应用

孙晓前¹⁾ 丛晓明²⁾ 孙吉²⁾ 刘晓娟³⁾

[提要] 通过复合载体夯扩桩在一具体工程中的设计应用,介绍其施工控制过程及控制手段,并对复合载体夯扩桩检测结果进行了分析,总结了该技术在施工过程中应注意的问题及施工处理措施。

[关键词] 复合载体夯扩桩 三击贯入度 承载力 设计 施工 检测

Application of Ram-compaction Piles with Composite Bearing Base on the Compression Building of Tianlong Medicine Co., Ltd. /Sun Xiaoqian¹, Cong Xiaoming², Sun Ji², Liu Xiaojuan³ (1 University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China; 2 China Liaohe Petroleum Engineering Co., Ltd., Panjin 124010, China; 3 Northwest Electric Power Institute, Xi'an 710032, China)

Abstract: Based on the application of an actual project of ram-compaction piles with composite bearing base, the construction control measures are introduced. According to the analysis of in-situ inspection result in construction, some constructional treatment measures for the problem associated in construction are concluded.

Keywords: ram-compaction piles; composite bearing base; three drive penetration; capacity; design; in-situ inspection

一、前言

为了推广复合载体夯扩桩的应用,中油岩土工程有限公司盘锦分公司于2001年在盘锦地区进行了复合载体夯扩桩的可行性研究和试验,同年在辽河油田振兴小区进行了工程实际应用,取得了良好的社会效益。此后在河畔花园、惠丰家苑等小区大面积推广,迄今已施工复合载体夯扩桩万余根,逐步成为盘锦地区主要桩基础形式。现结合天龙药业综合办公楼复合载体夯扩桩的设计,对复合载体夯扩桩的设计施工进行介绍。

二、工程概况

拟建辽宁天龙药业有限公司综合办公楼位于盘锦市兴隆台经济开发区管委会北侧,天龙药业有限公司厂区西侧,双兴路东侧,拟建建筑物为14层综合办公楼、制药厂房,基础东西向长94m,南北向宽30m,框架结构。平均每柱承载力为3100kN,单桩承载力设计值为 $Q=800\text{kN}$,其基础平面见图1。场区属辽河河口三角洲,沉积土层为第四纪沉积土,海陆交互相沉积。勘探深度内地层及物理力学指标见表1。其中层④土具有良好的水平渗透性,地基固结较快,该层是采用浅基础时主要的地底下卧层,对基础变形和稳定影响较大。地下水位位于地表下1.0m。

三、方案的确定

工程为独立柱基,可以采用钻孔灌注桩基础、CFG桩复合地基等,从地质条件分析不难看出,地表以下6.8~8.0m以内主要为相对软弱的粘性土层,承载力

较低,压缩模量较小,其下为中密~密实细砂,承载力较高,压缩模量较大,厚度大。细砂类土具有明显的挤密效果,稍微填料进行夯击即可达到很小的三击贯入度和很高的承载力,因此采用复合载体夯扩桩施工工艺对细砂进行挤密,将上部结构荷载传递到载体进行扩散,对结构的受力与变形都很有利。

各土层计算参数表

表1

土层	层厚 (m)	层顶埋深 (m)	天然重度 (kN/m^3)	侧摩阻力 特征值(kPa)	压缩模量 (MPa)	承载力 特征值(kPa)
①杂填土	1.2	0.0	16.5	—	—	—
②粉质粘土	2.3	1.2	18.6	20	5.0	130
③粘土与细砂交互	3.5	3.5	19.1	12	4.0	90
④细砂	≥ 23.1	7.0	21.0	30	21.0	260

四、复合载体夯扩桩的设计

根据承台尺寸和施工工艺的要求初步确定桩间距为1.8m,每个承台下布桩4根,单桩设计承载力特征值为800kN。

1. 确定复合载体夯扩桩持力层和桩长

依据《辽宁天龙药业有限公司综合楼场地岩土工程勘察报告》,层④细砂土压缩模量为21MPa,属于低压缩性土,承载力高,为260kPa,非常适合作为复合载体夯扩桩的持力层,故选择该层作为持力层。复合载

1) 北京科技大学,100083;2) 中油辽河工程有限公司,盘锦,124010;3) 西北电力设计院,西安,710032。

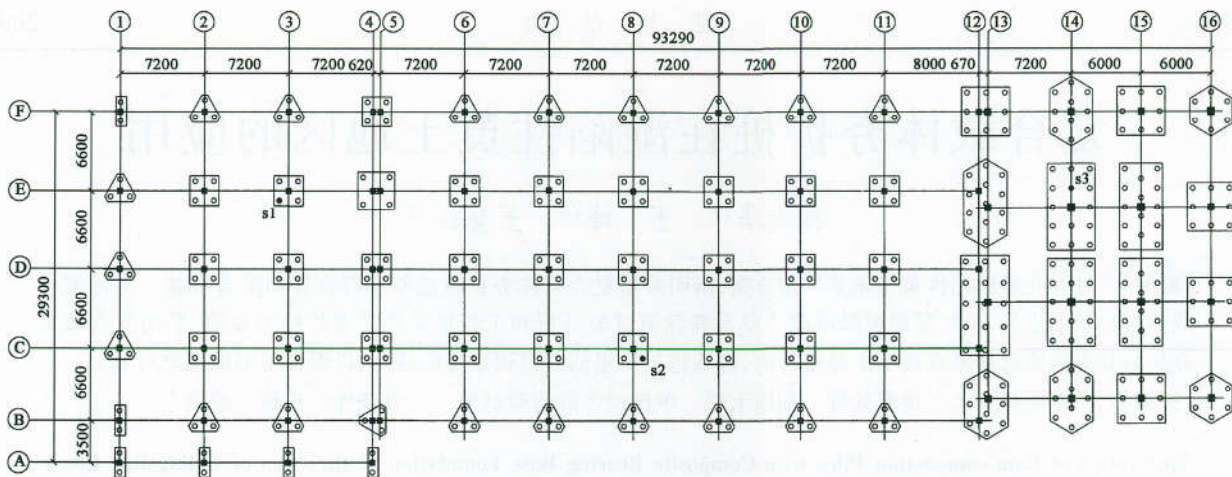


图1 布桩平面图

体等效基础的底标高位于层④,基底标高为-2.1m,有效桩长为2.9m。桩径初步确定为410mm。

2. 单桩承载力的计算

根据《建筑地基基础设计规范》及《辽宁天龙药业有限公司综合楼场地岩土工程勘察报告》,对桩端土体进行承载力深度修正,修正深度 d 为7.0m, $\gamma_m = 10.2 \text{ kN/m}^3$, 则:

$$q_{pa} = f_{ak} + \eta_d \gamma_m (d - 0.5) = 458.9 \text{ kPa}$$

设定三击贯入度为15cm,根据《复合载体夯扩桩设计规程》(JGJ/T135—2001),等效桩端计算面积取 1.7 m^2 ,单桩竖向承载力特征值为:

$$R_a = u_p \sum q_{sia} l_i + q_{pa} A_e = 884.1 \text{ kN} > 800 \text{ kN}$$

满足设计要求。

3. 桩身混凝土强度验算

桩身混凝土强度等级 C25,混凝土保护层厚度 50mm。依据设计规程:

$$0.7 f_c A_p = 1099 \text{ kN} > 800 \text{ kN}$$

混凝土强度满足设计要求。

4. 配筋

按规程桩中配筋取构造配筋,主筋采用 $6\Phi 12$,箍筋 $\Phi 6@200$ 。

5. 地基强度及变形验算

桩端持力层以下无软弱下卧层,不进行下卧层验算,依据《复合载体夯扩桩设计规程》(JGJ/T135—2001),取 $\psi_s = 1$,桩基沉降量 $s = 16.7 \text{ mm}$ 。综合其它工程实例,桩基沉降地区经验值为 $10 \sim 20 \text{ mm}$,满足建筑物变形要求。

工程共设计复合载体夯扩桩 360 根,布桩平面图见图 1 所示。

五、桩基检测试验

1. 桩身完整性检测

采用低应变动力无损检测法,检测数量应为工程总桩数的 20%,且每个分部(子分部)工程不少于 10 根。检测结果显示,桩身反射波形规则,波动频率单一平稳,振动幅值为阻尼衰减,振幅能量相对集中,桩底反射较清晰,无明显的桩间反射现象,说明桩身较完整,没有断桩、离析、缩径等现象,见图 2(a)。

2. 单桩竖向抗压静载荷试验

采用慢速维持荷载法加荷,试验数量为总桩数的 1%,且每个分部(子分部)工程的试验数量不少于 3 点。试验结果见图 2。

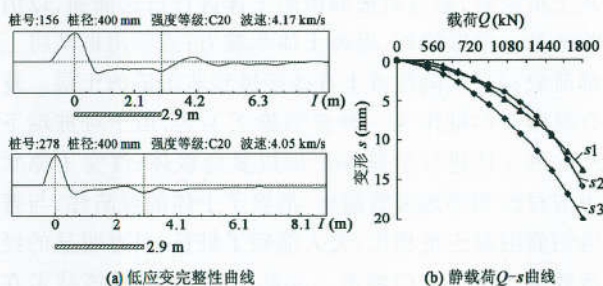


图2 部分检测试验曲线

3. 试验结果分析

根据静载荷试验曲线可以看出,当加载到 1800 kN 时,并没有出现陡降等突然变形,且试验完毕后,回弹率都较高,说明:1)单桩极限承载力值大于 1800 kN ,单桩承载力特征值大于 900 kN ,单桩承载力还有较大的储备;2)单桩受力还处于弹性阶段。对桩端、桩间的土体进行了取样和原位试验,检测单位在桩间分别布置了 4 个钻孔,在 $5 \sim 10 \text{ m}$ 范围内进行了连续标准贯入试验和取样,对试验结果统计分析后发现:层③粘性土与层④细砂承载力分别达到 140 kPa 及 300 kPa ,与施工复

(下转第 74 页)

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。

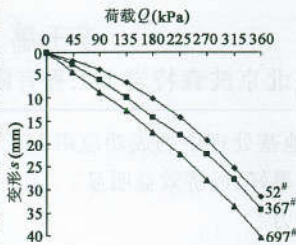


图1 部分复合地基平板静载荷试验Q-s曲线

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。

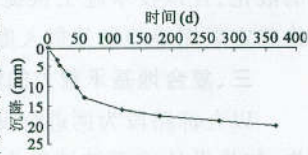


图3 天龙药业综合办公楼沉降观测曲线

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.