

复合载体夯扩桩在新乡市行政中心 综合办公楼工程中的应用

王中军 杨友银 高荣洲

蔡景献

(新乡市建筑设计研究院 453003) (中铁隧道集团有限公司 新乡 453003)

[摘要] 结合一工程实例的复合载体夯扩桩设计、施工、检测,介绍了该桩在新乡地区应用时的承载特点及使用效果。证明了该桩在液化地基中应用的可行性,并具有较好的经济效益。

[关键词] 复合载体夯扩桩 单桩承载力特征值 液化地基 经济效益

Application of Ram-composite Piles with Composite Bearing Base in Engineering of Xinxiang Administration Office/
Wang Zhongjun¹, Yang Youyin¹, Gao Rongzhou¹, Cai Jingxian² (1 Xinxiang Institute of Architecture, Xinxiang
453003, China; 2 China Railway Tunnel Group Co., Ltd., Xinxiang 453003, China)

Abstract: Through the design and construction and testing of the ram-compaction piles with composite bearing base in a real engineering, this paper introduces the bearing characters of the technology and settlement observation result of the building. This example proves the feasibility and benefits of the ram-compaction piles with composite bearing base in the application of liquefaction ground, and the technology is economical.

Keywords: ram-compaction piles; composite bearing base; bearing capacity; liquefaction ground; economic benefits

在黄河冲积平原地貌及古河道地层,经常遇到液化地基。在液化地基上进行基础设计,一般采用桩基或碎石桩复合地基。近年来,复合载体夯扩桩在新乡地区也得到了应用。由于桩长短,且施工速度快,使其显示出明显的优越性。基础上部荷载通过桩身穿过液化土层传至下部复合载体再进行扩散,有效地解决了地基液化问题。以新乡市行政中心综合办公楼1#楼工程为例,介绍了复合载体夯扩桩的设计、施工、检测过程,可为同类型工程设计提供一些设计经验。

一、工程概况

新乡行政综合办公楼位于新乡市东新城区内,包1#~4#楼。其中1#~3#为裙楼,是4层框架结构。岩土工程勘察资料揭示,地基土层承载力不能满足设计要求,须进行地基处理,各土层物理力学性质指标见表1。采用复合载体夯扩桩载体基础,桩径为 $\phi 410$,桩长5.0~5.3m,单桩承载力设计值为900kN,桩基平面见图1。

场地地下水稳定水位埋深1.0~3.0m,场区20.0m深度内层③粉土为液化层,属中等液化场地。

二、基础形式选择

该工程建筑抗震设防类别为乙类,要求全部消除液化沉陷,结合场地工程地质条件及上部荷载情况,此类型基础常采用钻孔灌注桩、干振碎石桩复合地基加筏片基础等。综合实际工程条件,可选择处理方式:桩基直接穿透液化土层,基础将上部荷载传递到深层

土的物理力学指标

表1

土层	厚度 (m)	w (%)	γ (kN/m ³)	I_L	e	E_s (MPa)	f_k (kPa)
①素填土	0.3~2.3	23.5	19.8	0.25	0.773	5.7	90
②粉质粘土	0.7~2.6	23.9	19.5	0.34	0.878	4.9	120
③粉土	0.8~2.8	25.7	19.7	0.75	0.872	4.9	90
④粉质粘土夹粉土	0.5~2.8	26.3	19.7	0.64	0.857	6.4	150
⑤粉质粘土夹粉土	0.5~2.0	23.2	20.9	0.40	0.862	6.8	140
⑥粉细砂	11.7~16.5	19.5	20.4	—	0.572	17.4	250
⑦粉质粘土夹粉土	5.8~12.1	25.0	20.2	0.45	0.667	9.6	320
⑧粉细砂	1.8~6.8	19.1	20.5	—	0.549	14.3	270

土体;充分利用桩间土承载力采用复合地基受力,通过振冲工艺消除地基土的液化;采用复合载体夯扩桩基础。这三种基础形式都能满足设计要求,其特点分别为:1)钻孔灌注桩为传统桩型,可靠度高,缺点为:造价高、工期长,地下水位浅,需泥浆护壁成孔施工,会对周围环境造成污染;2)碎石桩复合地基易施工、工效快,但干振碎石桩基础外须设计围护桩,受场地条件限制,周围维护桩无法施工,且 ± 0.00 以下综合造价高,震动和噪音也较大;3)复合载体夯扩桩为新型施工工艺,造价低、工期短,具有显著的社会效益,且在新乡地区已有成功的设计施工经验,唯一的缺点为在施工时有震感。

以1#楼工程为例,对三种基础形式 ± 0.00 以下的经济性做定量分析,如表2所示。

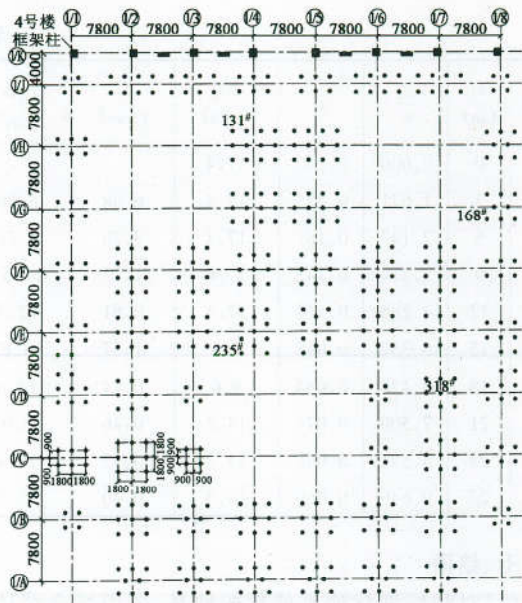


图1 基础平面布桩图

各种地基处理方案的经济对比 表2

基础类型		桩径 (mm)	桩长 (m)	造价 (万元)	±0.00 以下 造价(万元)
钻孔桩基	承台+梁	—	—	91	210
	灌注桩	600	20.0	119	
碎石桩加 筏片	筏片基础	—	—	102	182
	碎石桩	500	6.0	80	
复合载体 夯扩桩	承台+梁	—	—	86	151
	夯扩桩	410	5.3	65	

由表2可见,复合载体夯扩桩造价低,具有明显的经济效益,是钻孔桩基的71.9%,是碎石桩复合地基加筏片基础的83.0%。由于该工艺单桩承载力高,桩长较其他桩短,施工周期也较短,经业主对比和专家论证后,决定在1#~3#楼采用复合载体夯扩桩。

三、复合载体夯扩桩设计

1. 单桩承载力特征值计算

根据岩土勘察报告,层⑥为粉细砂,承载力高,故选用该层作为复合载体夯扩桩持力层。锤击沉管成孔,桩径为410mm,根据层⑥土的土层分布,确定有效桩长5.0~5.3m。依据《复合载体夯扩桩设计规程》(JGJ/T135—2001),估算单桩承载力特征值如下:

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

式中 R_a 为单桩竖向承载力特征值,桩身断面周长 $u_p = 3.14 \times 0.41 = 1.287\text{m}$ 。

层⑥持力层承载力特征值250kPa,自然地坪下埋深8.0m,三击贯入度控制为10cm,等效桩端计算面积 A_c 取 1.8m^2 ,则按国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)计算,桩侧阻力特征值为:

$$u_p \sum q_{sia} l_i = 1.287 \times (25 \times 1.2 + 27.5 \times 2.0) = 109.4 \text{ kN}$$

经深度修正后的持力层承载力特征值为:

$$q_{pa} = f_{ak} + \eta_d \gamma_m (d - 0.5) = 475 \text{ kPa}$$

$$R_a = 109.4 + 475 \times 1.8 = 964.4 \text{ kN}$$

实际设计取值 $R_a = 900 \text{ kN}$ 。

桩身混凝土强度应满足: $Q \leq 0.7 f_c A_p$,采用C25混凝土, $f_c = 11.9 \text{ N/mm}^2$, $A_p = 131958.5 \text{ mm}^2$,则:

$$0.7 f_c A_p = 1099.2 \text{ kN} > 900 \text{ kN}$$

满足设计要求。

桩身配筋主筋为7 Φ 14,配筋率为1.1%,能够满足水平荷载受力要求,箍筋采用 Φ 6@200,桩顶1.5m范围内加倍加密。

四、施工

复合载体夯扩桩施工工艺为利用质量3.5t、直径355mm的细长锤跟管锤击成孔,施工设备为液压步履式夯扩桩机,施工依据《复合载体夯扩桩设计规程》(JGJ/T135—2001)、《复合载体夯扩桩施工与验收规程》(QB2002—01)进行,施工工艺流程为:1)复测桩位线;2)移桩机就位;3)随护筒锤击成孔至设计标高;4)填料夯实;5)测三击贯入度;6)夯填干硬性混凝土;7)下钢筋笼至设计标高;8)灌注混凝土;9)拔护筒;10)振捣混凝土。

场地层③土为中等液化粉土,为避免施工时对邻桩的影响,采取了如下措施:施工顺序先内后外;锤击成孔用低落距轻锤夯击成孔;基桩采取跳打,施工时间应在周围成桩混凝土终凝之后进行。

五、质量检测

工程桩共986根,业主委托黄河水利委员会勘测设计院物探总队做单桩静载荷试验10根,其中1#楼共检测4根桩,桩号分别为131#、168#、235#和318#,具体位置见基础平面图1。采用慢速维持荷载法,最大加荷为1800kN,最大沉降为10.56~12.36mm,均未达到破坏,经卸荷,最大回弹量4.41~4.69mm, $Q-s$ 曲线均呈缓变型,见图2。表3为试验桩的施工参数。对全部工程桩做桩身完整性检测,一类桩968根占总数的98%,二类桩18根占总数的2%。整体工程质量满足设计要求,该工程已投入使用一年,业主很满意。

试桩施工参数 表3

试桩	桩长 (m)	桩径 (mm)	填料 (块)	三击贯入度 (cm)	试验最大荷载 (kN)	变形 (mm)
131#	5.1	410	450	9	1800	12.23
168#	5.3	410	468	8	1800	10.56
235#	5.0	410	483	9	1800	12.36
318#	5.1	410	470	8.5	1800	11.89

表 4

分层	z_i (m)	$\frac{z_i}{b}$	α_i	E_{si} (kPa)	Δs_i (mm)	$\sum \Delta s_i$ (mm)
1	0	0.000	0.250	17.4		
2	3	1.071	0.225	17.4	6.08	6.08
3	6	2.143	0.181	17.4	3.70	9.78
4	9	3.214	0.142	17.4	1.73	11.51
5	12	4.286	0.114	17.4	0.81	12.3
6	15	5.357	0.098	9.6	1.57	13.87
7	18	6.428	0.084	9.6	0.74	14.6
8	21	7.500	0.074	14.3	0.46	15.07
9	24	8.571	0.066	14.3	0.33	15.4
10	27	9.640	0.060	14.3	0.40	15.8

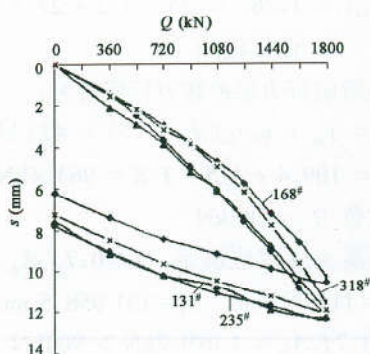


图 2 部分荷载试验 Q-s 曲线

六、1#楼沉降量

工程采用独立承台桩基,依据规程(JGJ/T135—2001)4.4.2条,按分层总和法计算沉降:

$$s = \psi_s p_0 \sum (z_i \alpha_i - z_{i-1} \alpha_{i-1}) / E_{si}$$

式中: ψ_s 为沉降计算经验系数; p_0 为对应荷载准永久组合下压缩层顶的平均附加应力(kPa); E_{si} 为沉降计算范围内第*i*层土的压缩模量(kPa); z_i, z_{i-1} 分别为复合载体底面至第*i, i-1*层土底面的距离(m); α_i, α_{i-1} 分别为第*i, i-1*层土底面深度范围内平均附加应力系数,可按规范(GB50007—2002)规定采用。

按独立基础,群桩计算模式 $p_0 = 157\text{kPa}$, ψ_s 取 1.0,计算深度 27 m,计算最终沉降结果见表 4,计算最终沉降结果为 15.8mm。

沉降观测资料,1#,2#,3#楼使用一年后,最大沉降量 12.5mm,最小沉降量 9.8mm,最大沉降差 2.7mm。与计算结果基本一致,满足规范要求。

(上接第 27 页)

经试验,5根桩的单桩承载力都满足设计要求。竖向静荷载试验桩施工参数见表 2, Q-s 曲线见图 2。

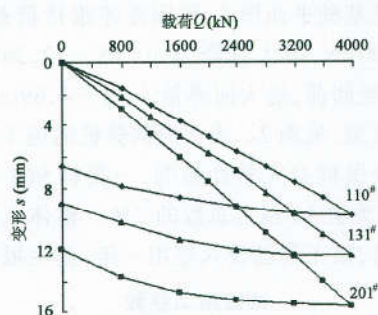


图 2 荷载试验 Q-s 曲线

四、结语

通过晋元庄小区商场工程的地基处理中复合载体夯扩桩的应用可见,复合载体夯扩桩在北京地区的多高层建筑地基处理中具有明显的优势,尤其在杂填土

七、结语

(1)对浅层液化地基或软弱地基,采用复合载体夯扩桩造价经济,质量可靠,与钻孔灌注桩、碎石桩复合地基相比,节约投资 17%~28%。

(2)该桩在荷载作用下沉降量小,质量稳定,施工速度快,能容纳大量碎砖,有较好的技术效益和社会效益。在黄河冲积平原地貌,该桩有很好的推广价值。

参 考 文 献

1. 建筑桩基技术规范(JGJ94—94). 中国建筑工业出版社,1994.
2. 复合载体夯扩桩设计规程(JGJ/T135—2001). 中国建筑工业出版社,2001.
3. 建筑地基基础设计规范(GB5007—2002). 中国建筑工业出版社,2002.

试桩参数

表 2

桩号	桩径 (mm)	桩长 (m)	三击贯入度 (cm)	设计荷载 (kN)
110#	600	3.5	15	2 000
131#	600	3.3	14	2 000
201#	600	3.9	12.5	2 000

较厚、浅层地基土承载力较低的地基处理中该技术优势尤为明显。

参 考 文 献

1. 建筑抗震设计规范(GB50010—2002). 中国建筑工业出版社,2001.
2. 建筑桩基技术规范(JGJ94—94). 中国建筑工业出版社,1995.
3. 地下工程防水技术规范(GB50108—2001). 中国建筑工业出版社,2001.
4. 复合载体夯扩桩设计规程(JGJ/T135—2001). 中国建筑工业出版社,2001.
5. 地基基础设计规范(GB50007—2002). 中国建筑工业出版社,2002.
6. 人民防空地下室设计规范(GB50038—94). 中国建筑工业出版社,1995.