

高压注浆对人工挖孔桩补强的应用

(17)
54-56

王建弘, 徐湘桃, 胡强, 陆健

(河海大学土木工程学院, 江苏南京 210098)

TU753.3

~~TU753.8~~

TU472.6

摘要:以福建莆田已建的一幢七层框架商住楼为对象,利用灌注桩与高压喷射注浆相结合的纵向加固体系,解决了该工程中存在的地基承载力不足问题。实测结果表明,纵向加固体系能够很好地解决新建工程和已建工程中存在的地基承载力补强问题。

关键词:纵向加固体系;人工挖孔桩;灌注桩;旋喷桩 **高压注浆、补强**

中图分类号: TU472

文献标识码: B

文章编号: 1006-7647(2000)02-0054-03

纵向加固体系指在软土地基中设置的各种竖直加固体,包括各种桩体的综合利用。在工程中经常应用的纵向加固体系一般有以下几种:灌注桩与旋喷桩的综合加固;灌注桩与碎石桩的综合加固;灌注桩与压力灌浆的综合加固。

由于灌注桩施工时桩端的浮渣难以清除,或由于施工中的失误,致使灌注桩的桩端承载力不足,因而在灌注桩桩端需采取补充加固措施,以有效解决其桩端浮渣带来的问题,提高桩端承载力。本文介绍的是灌注桩与旋喷桩的综合加固。用这种加固体系可以方便的进行事故处理,同时旋喷施工不会对周围环境产生影响,且加固效果好。完成的灌注桩与旋喷桩的位置关系如图1所示。

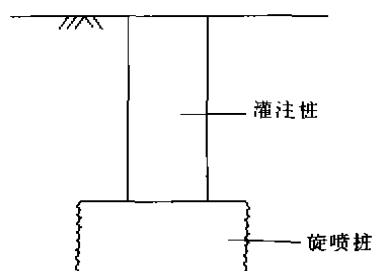


图1 灌注桩与旋喷桩的位置关系

1 加固机理及施工工艺

纵向加固体系可采用灌注桩与旋喷桩串联加固,使灌注桩桩端以下土体和水泥浆在高压喷射流的作用下搅拌混合为水泥土固结体,使灌注桩桩端和其下水泥土加固体紧密结合,一方面使纵向加固体桩端达到设计标高,另一方面满足了单桩承载力和其它功能要求。加固的主要流程为:

钻机就位→钻孔→插管→高压喷浆→复喷
→喷浆结束→拔管→水泥浆填充→机器清洗

在施工工艺上,本方法除与一般高压喷射注浆法要求一致外,还须采用“复喷”工艺。“复喷”工艺指的是:喷头旋转提升至原桩与旋喷桩交接处时,停2~3 min,然后将喷头下沉50 cm,再喷浆提升旋转至灌注桩桩端,用以消除由于水泥浆收缩造成旋喷加固体和灌注桩桩端之间的脱空,使加固体与原桩紧密结合,并使复合桩有较高的强度,因此是纵向加固体系施工成败的关键。

2 工程实例

福建莆田市电业局的七层框架式商住楼,位于莆田市农民街与荔梅路交接点的西南侧,占地面积98 m×40 m。工程地质情况见表1。原设计采用人工挖孔桩,桩端取砂砾石层作为持力层,此层强度高,厚度大,层位稳定,下面无软弱下卧层,是理想的桩端持力层。但当人工挖至第四层粉质粘土层时,孔底出现大量流沙、涌土,无法继续施工。由于工期很紧,最后只能将灌注桩桩端落在粉质粘土层上。由表1可知,该层含水量高,压缩模量最大,各土性指标最差。

2.1 注浆前单桩竖向承载力静载试验

原设计人工挖孔桩桩径1 m(扩大头2 m),桩长12 m左右(进入砂砾石层1 m左右),设计单桩承载力为2400 kN。

本次检测反力装置采用压重平台,利用两台3000 kN的千斤顶与一台手动液压泵提供分级荷载,千斤顶上球帽用以调整方向,使其合力通过检测桩中心,由标准压力表控制各级荷载。

表 1 工程地质情况

层号	土层名称	平均厚度 /m	含水量 w /%	重度 γ /kN·m ⁻³	孔隙比 e	液性指数 I_L	粘聚力 c /kPa	内摩擦角 φ (°)	压缩模量 E_{s1-2} /MPa	压缩系数 a_{1-2} /MPa ⁻¹	标贯击数 /击
1	素填土	1.45									
2	粉质粘土	1.60	26.13	19.37	0.78	0.57	28.00	21.00	5.60	0.28	7.0
3	淤泥土	5.55	56.06	16.70	1.44	1.66	8.90	10.40	1.50	1.58	
4	粉质粘土	1.25	29.15	19.13	0.80	0.76	26.00	18.00	5.20	0.36	3.5
5	含砾中砂	1.55									9.5
6	砂砾石	5.15									
7	残积土	控制厚度 3.20	27.90	19.13	0.85	0.50	15.50	23.00	5.10	0.44	13.0

桩顶沉降由桩顶上的四只量程为 50mm 的百分表量测,固定百分表的磁性表座安装在两根 6m 长的基准梁上,基准梁的两端可自由伸缩,加荷前进行了两小时量测系统观测检验,以保证量测系统的可靠性。

本次检验按 JGJ94-94 和 DBJ13-07-91 的有关要求进行,采用慢速荷载维持法,稳定标准为每级荷载作用下,桩顶沉降连续两次小于 0.1mm/h,检测过程中,桩帽完好,量测系统和加压系统均无异常现象。

静载实验成果见表 2。桩 1 最大加荷 1500kN,在该荷载作用下桩持续下沉,应业主要求送桩达 245.2mm;桩 2 最大加荷 1000kN,在该荷载作用下桩持续下沉,应业主要求送桩达 335.00mm。

表 2 测试成果

压力 p /kN	桩 1			桩 2		
	分级沉降 S /mm	累计沉降 $\sum S$ /mm	稳定时间 t /min	分级沉降 S /mm	累计沉降 $\sum S$ /mm	稳定时间 t /min
400	0.66	0.60	120.0	0.68	0.68	120.0
800	1.08	1.68	120.0	4.21	4.89	390.0
1000				335.00	无法稳定	
1200	3.26	2.94	240.0			
1500		245.20	无法稳定			

桩 1 和桩 2 的设计承载力均为 2400kN,而实测值分别为 600kN 和 400kN。两根桩的单桩承载力均远远低于设计要求,其原因在于:①由于未按设计要求施工,使桩端落在第四层粉质粘土上,大大减小了桩端承载力;②该桩为摩擦桩,原定桩打至第六层砂砾层上,最终只落在第四层粉质粘土上,大大减小了桩长,从而使桩周摩阻力减小。

2.2 施工工艺及程序

本工程纵向加固体系是灌注桩与旋喷桩综合加固地基,在原有每根人工挖孔桩周围钻三个小孔,采用了三重管法进行旋喷施工。在施工中要求加固体在粘土中达到其极限承载力: $f_{cu}=7\sim 8$ MPa,成桩直径 $d=1200\sim 1300$ mm,旋喷参数见表 3。

具体施工程序为:①钻机到位,在原桩边处均匀钻孔,到位后拔出钻头;②插入注浆管,自上而下边喷浆、边旋转、边提升,完成一桩后,进行下一桩的施工,在原桩底部形成三个相互交圈的水泥土固结体(图

2);③施工中需注意两种桩体连接部位的复喷工艺。

表 3 三重管法旋喷参数

介质	压力 /MPa	流量 /(L·min ⁻¹)	风量 /(m ³ ·min ⁻¹)	喷嘴口径 /mm
水	20	200		3.0 单喷嘴
空气	0.7		1~2	3.0 单喷嘴
水泥浆	2	80~100		3.0 单喷嘴

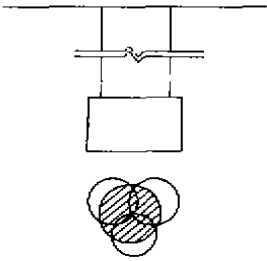


图 2 三重管法水泥土固结体示意

2.3 纵向加固体系承载力的研究

a. 注浆后的挖孔检查。为检测加固效果,我们对第四层粉质粘土层的水泥加固体进行开挖,未出现流砂、涌土现象,表明注浆效果明显,达到预期目的。

b. 标贯试验。在原来四个地质钻孔附近重新钻孔进行标准贯入试验,结果表明:标贯击数得到了很大的提高,原中细砂层,经过加固处理由稍密状态变为中密或密实状态,可以作为桩端持力层,其强度可由单桩静载试验得到检验。

c. 静载试验。对加固后的人工挖孔桩进行静力载荷试验,结果见表 4。由表 4 知,当 $p=5200$ kN 时, $p-s$ 曲线将出现拐点,可作为极限荷载,单桩承载力标准为

$$R_k^d = \frac{p}{2} = 2600 \text{ kN}$$

表 4 人工挖孔桩静力载荷试验结果

荷载 p /kN	分级沉降 S /mm	累计沉降 $\sum S$ /mm	荷载 p /kN	分级沉降 S /mm	累计沉降 $\sum S$ /mm
600	0.15	0.15	3600	0.88	3.35
1200	0.21	0.36	4200	0.97	4.32
1800	0.49	0.85	4800	1.16	5.48
2400	0.78	1.63	5200	1.43	6.91
3000	0.84	2.47	5600	6.88	13.97 无法稳定

此试验测得的单桩承载力比未加固前的单桩承载力提高了4~10倍。

d. 公式验算. 灌注桩直径1.0 m, 桩周长为3.14 m, 面积0.78 m²; 旋喷桩直径1.2 m, 3根交圈, 桩周长8.5 m, 面积2.55 m². 将以上各值代入公式计算单桩承载力标准值为

$$R_k^d = \sum_{i=1}^n q_{si} u_i h_i + \alpha A_p q_p = 2587 \text{ kN}$$

实测 $R_k^d = 2600 \text{ kN}$, 与理论计算值相差很小. 这表明整个实测过程数据可靠, 故确定单桩承载力为2600 kN, 满足设计要求, 达到了预期加固目的。

3 结 语

纵向加固体系可广泛应用于新建工程及工程事

(上接第51页)

2 强夯效果及效益分析

平台地基混合料的颗粒间孔隙大, 颗粒位置不稳定, 在较大的动力和静力作用下容易位移, 因而产生较大的沉降, 特别在振动力作用下更为显著, 其体积可减少20%以上. 异形锤施工时, 打完第一、二击, 地基中即形成一个深坑, 用粒径不大于40 cm的石料填满, 再夯下一击, 如此反复, 异形锤的冲击荷载将块石挤压入土中, 形成了大直径的密实块石桩. 由于挤密块石在成桩过程中, 桩管对周围土层产生很大的横向挤压力和冲击波, 桩管将地基中等于桩管体积的块石, 挤向桩管周围的土层, 使桩管周围的土层孔隙比减小, 密度增大. 因而强夯特别是使用异形锤的强夯收到了显著的加固效果, 具体为: ①使混合料地基挤实到临界孔隙比以下, 在块石桩和混合料之间形成复合地基, 提高了承载力和地基的整体稳定性, 防止地基产生滑动破坏; ②形成了高强度的挤密块石桩, 提高了坝基的抗剪强度和水平抵抗力; ③加固后的坝基大大减少了工后固结沉降; ④由于施工时的挤密作用, 以及第二遍是以较低的夯击能进行满夯, 彼此重叠搭接, 因而使坝基变得十分均匀和具有较高的密实度。

对场地夯前和夯后平均标高的水准测量表明, 强夯后, 回填部分普遍下沉60~70 cm, 最大沉降达100 cm. 由此可见, 强夯法加固坝基的效果是很明显的。

用强夯法加固地基, 影响有效加固深度的因素很多, 除了锤重和落距以外, 还有地基土性质、不同土层的厚度以及其它强夯参数等. 选定合适的夯击能、击数、遍数等参数是强夯施工的关键。

故处理中, 本文就灌注桩与高压旋喷桩形成的复合桩形式, 经理论分析计算并运用于实际工程事故处理中, 得到了预期加固效果, 它利用高压旋喷注浆法, 采用复喷等特殊工艺, 使两种加固体紧密结合, 施工简便, 对周围环境振动影响小. 另外, 纵向加固体体系的应用还可以节省投资, 经济合理。

本文在撰写过程中得到张志铁副教授的悉心指导, 在此表示衷心的感谢。

参考文献:

- [1] 《地基处理手册》编委会. 地基处理手册[Z]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1988.

(收稿日期: 1998-10-06 编辑: 张志琴)

工程设计原拟采用围堰方法填筑坝基平台, 经核算, 工程造价太高, 工期又较长, 影响工程进度和投资计划. 采用强夯法加固后, 经比较, 工程造价降低了近1000万元, 工期也缩短了2个月. 可见强夯法在本工程中产生了显著的经济效益。

3 结 语

西沥水库大坝加固工程于1996年12月竣工验收, 经过将近三年的正常运行, 大坝几乎没有产生位移, 坝体渗流量比以前明显减少, 可见坝基是稳定和密实的, 坝内的防渗墙也完好无损, 说明所选的强夯参数是基本准确的. 实践证明, 在西沥水库大坝加固工程中采用强夯法加固坝基是正确的。

参考文献:

- [1] 《地基处理手册》编委会. 地基处理手册[Z]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1988.

(收稿日期: 2000-01-20 编辑: 马敬峰)

