

1006-8139(2004)01-61-03

粉喷桩检测中动静测试技术的应用

白彦飞

(水利部山西水利水电勘测设计研究院)

摘 要:文中简要介绍了粉喷桩检测中的低应变动力法、静荷载试验法、桩体通长抽芯法的方法原理及工程应用,并指出了该类基桩检测的方向。

关键词:粉喷桩;低应变动力法;静荷载试验法;抽芯法;检测方向

中图分类号:TV522

文献标识码:B

1 概述

粉喷桩是粉体喷射搅拌法(又称粉喷法)成桩的简称。它是用压缩空气将固化剂水泥粉体(或石灰粉体)输送到地基深层软弱地层中,通过钻头将水泥粉与软土搅拌混合,产生一系列物理、化学反应,改变原状土的结构,使之硬结成具有整体性、水稳定性好和一定强度的水泥土或石灰土,从而提高地基土物理力学参数达到改良地基地质条件的目的。

近几年,粉喷桩加固技术在沿海城市已广泛应用于高层建筑深基坑支护和支护、市政工程、工业与民用建筑等软土地基加固工程,并逐渐应用到堤坝防渗墙工程中。

由于基桩属于隐蔽性工程,保证其质量比较困难,为了使建筑物结构质量安全可靠,应对桩身质量和基桩竖向承载力(以下简称承载力)进行全面科学的测试评价。

本文简述基桩检测中低应变动力检测法、静荷载法和桩体通长抽芯及桩体水泥试块无侧限抗压强度试验法的方法原理,通过工程实践指出了基桩检测的方向应当是多种联合应用,从而全面地评价基桩质量,为设计提供科学的依据。

2 基桩测试的方法原理

2.1 低应变动力检测法

工程中绝大部分桩体具有桩长(L) \gg 桩径(d)这一特点,故应力波在其中传导时可将其简化为一维弹性介质。若在桩头施加一脉冲力,则产生一垂直入射的纵波,该波沿桩身向下传导,在遇到波阻抗界面时,将产生反射波,在桩顶安装传感器(速度或加速度传感器),通过测量信号,依据入射波和反射波的波形、振幅、频率及波到达的时间等特征,推定单桩的完整性,依据反射波的动力学和运动学特征,结合工程实践将桩身质量分为四级。

I类桩:反射波波列清晰、波形规则,桩底反射明显,波速正常;该类桩桩身质量优良,桩体强度和几何尺寸达到设计要求。

II类桩:反射波波列较清晰、波形规则,或桩间有微弱的反射信息,但无多次反射出现,桩底反射较明显,波速正常;该类桩桩身质量良好,有轻度裂纹、缩颈、离析、类泥(砂)等。桩体强度和几何尺寸基本达到设计要求。

III类桩:桩间反射相位明显或呈多次反射,反射波振幅衰减较快或呈强振幅、低频率之特征,无桩底反射相位或其相位不明显,波速偏低;该级桩桩身质量较差,浅部断桩、明显缩颈或破损较严重。桩体强度较低、几何尺寸未达到设计要求。

IV类桩:桩间反射相位十分明显或呈多次反射,反射波振幅衰减缓慢,无桩底反射相位、波速很低;该类桩桩身质量很差、断桩、严重缩颈、离析或破损严重,桩体强度很低、几何尺寸未达到设计要求。

2.2 静荷载法

主要采用慢速维持荷载法。其具体做法是:按一定要求将荷载分级加到试桩上,每级荷载保持不变直至桩顶下沉量达到某一规定的相对稳定标准,然后加下一级荷载,当达到规定的终止试验条件,便停止加荷;分级卸荷直至荷载卸完。

为确定单桩极限荷载,一般绘制 $Q \sim S$ 、 $S \sim \lg t$ 、 $S \sim \lg Q$ 等曲线 [Q :荷载(kN); S :沉降量(mm); t :时间(s)],然后根据规范规定,结合曲线特征确定承载力。

2.3 通长抽芯及桩体试块试验法

通长抽芯及桩体试块试验法分为两步:一是随机按比例对一定数量的基桩进行桩身通长抽芯,检查水泥与土在桩身通长的拌合情况及桩身质量;二是随机按比例对一定数量的桩体进行钻孔抽芯取样,并在试验室切割成直径与高度均为7cm的试件,在压力机上压至破坏,得到其无侧限抗压强度,进而评价桩体强度。

3 工程应用

3.1 工程概况

某工程场地地质条件自上而下分别为:①人工杂填土层,平均厚度约1.1m;②粉土,平均厚度5.3m;③顶部为粉细砂,平均厚度1.42m;中下部为粉土,平均厚度4.08m;④细砂,平均厚度1.42m;⑤粉质黏土,平均厚度1.71m;⑥粉土,平均厚度1.84m;⑦细砂,平均厚度1.95m;⑧粗砂,平均厚度1.46m。拟建主楼地上12层,附楼3层,另有1层地下室。

设计地基处理采用水泥深层搅拌粉体桩,设计桩顶位于②层,桩端置于⑤层,桩身穿过②~⑤层,有效桩长8m,桩径500mm,桩位按梅花形布置。按设计要求对桩身质量及基桩

竖向承载力进行测试评价,并评价主楼复合地基承载力,要求其承载力标准值不小于200 kPa。全部测试共完成单桩竖向静载荷试验3组,低应变动力检测140根,桩体通长抽芯4根,桩体试块无侧限抗压强度试验11组。

3.2 资料分析

3.2.1 桩身质量分析

统计分析140根桩的反射波波形、波速特征值,波形大致归纳为下面三类:

①入射波后无异常信息,桩底反射信息明显,桩身纵波速度一般为880 m/s~1600 m/s,平均为1209 m/s,表明桩身完整,划为Ⅰ类桩,该类桩约占被检桩的70.7%。

②入射波后有异常信息,桩底反射信息较明显或可以辨别,分析异常信息,一般为轻度离析、搅拌不均或轻度缩颈所致,桩身纵波速度一般为712 m/s~1400 m/s,平均波速为1011 m/s,表明桩身基本完整,划为Ⅱ类桩,该类桩约占被检桩的25.7%。

③入射波后有异常信息,桩底反射信息较差或模糊,分析异常信息,一般为断桩或有严重缺陷所致,桩身纵波速度一般为850 m/s~1350 m/s,平均波速为1044 m/s,表明桩身有一定缺陷,对荷载传递有一定的影响,划为Ⅲ类桩,该类桩约占被检桩的3.6%。

桩身通长抽芯共完成4根,其中编号为A、B、D的三根开孔位置选择了在离桩心520 mm的环形面积范围内,编号为C的桩开孔位置取在了桩心,钻进方式为回转钻进。钻孔取芯结果表明,编号A、B、D的三根桩桩长分别为8.2 m、8.0 m、8.3 m,从上到下可见到水泥土胶结块体,部分位置可完整取芯,编号为C的桩由于孔打入桩的中心位置,虽可从桩顶到8.3 m的桩底见到水泥胶结体连续分布,但结构均较疏松,水泥土胶结强度低。

由抽芯检验可知,水泥与土已在桩身内通长拌合,符合有效桩长8.0 m的要求。

3.2.2 单桩承载力分析

静载荷试验采用堆载体反力法,堆载重量约为最大加载值的1.2倍。加载分为九级加载,第一次加两级荷载,以后每次加一级荷载。沉降稳定标准为: $<0.1 \text{ mm/h}$ 。从荷载 Q 与沉降 S 的关系曲线(图1)可以看出三组试验均出现了陡降

段,而且当加荷至400 kN时,桩顶总沉降量均超过了40 mm。

按《建筑地基基础设计规范》(GB50027-2002)的规定取相应于陡降段起点的荷载值为单桩极限承载力,则1*、2*、3*桩的单桩极限承载力分别为352 kN、308 kN、308 kN。据此可以算出其平均值为322.7 kN,级差为44 kN,小于322.7 kN的30%。故按(GB50027-2002)的规定取322.7 kN为该工程水泥深层搅拌桩的单桩竖向极限承载力,将安全系数取为2,则可得单桩竖向承载力标准值 $R_k = 322.7/2 = 161 \text{ kN}$ 。最后算出主楼复合地基承载力标准值 $f_{pk} = 204 \text{ kN}$ 。

水泥土试块无侧限抗压强度试验中将取自抽芯钻孔的12组水泥土试块送回试验室进行了将水泥土切割成直径与高度均为7 cm的试件,并在压力机上压至破坏,从而得到其无侧限抗压强度,从试验结果来看(见表1),基础桩桩体水泥土试块的无侧限抗压强度一般在2.5 MPa~5.2 MPa之间,平

表1 水泥土试块无侧限抗压强度试验结果表

钻孔号	取样位置(m)	抗压强度(MPa)
A	2.0~2.25	2.4
	4.2~4.5	4.2
B	2.0~2.2	2.3
	4.2~4.5	2.5
C	2.0~2.25	2.5
	4.2~4.6	2.4
	6.5~6.8	3.8
D	2.0~2.2	10.9
	3.0~3.5	11.7
	4.0~4.5	5.2
	5.8~6.0	7.1

注:水泥土试块的龄期均已达到28d

均3.3 MPa,水泥土强度满足设计要求。

综合分析多种检测方法成果可以认为:被检桩桩身质量较好,极限单桩承载力标准值为116 kN,桩头无侧限抗压强度平均3.3 MPa,复合地基承载力满足设计要求,建议将桩头范围内的桩间土挖除填以块石或碎石,这样可以提高桩头周围桩间土的承载力。

4 结语

粉喷桩加固技术是近几年从沿海城市发展起来的一种软土地基加固工程技术,目前也广泛应用于山西黄土地区,但对其质量的检测评价尚无一种较为全面的质量检测方法,我们应用的检测方法主要有低应变法、通长抽芯、桩体无侧限抗压强度、静载荷法等。其中基桩静载荷试验及通长抽芯法是公认最客观的方法,但因该两种方法都对桩体有破坏作用,而且载荷试验检测周期长,费用高、设备笨重,故只能是极小比例的抽检,况且资料解释人为因素较多,所以两法都不能在基桩质量检测中大幅度应用。低应变法检测技术虽能对桩身质量进行较为全面的评价,且检测速度快,费用低,但不能对粉喷桩的承载力进行全面评价,所以在基桩检测时,单一检测技术往

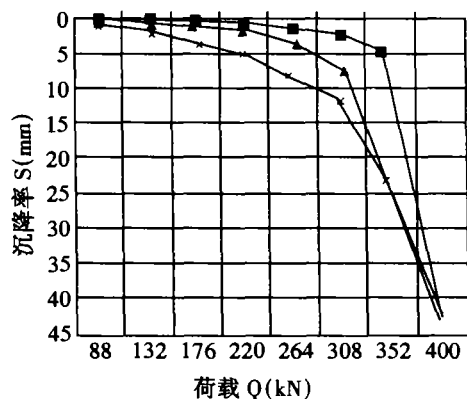


图1 荷载与沉降关系($Q-S$)曲线

往不能全面评价桩基质量,通过我们的工程实践,我们认为对于粉喷桩的质量技术检测宜采用多种技术,相互论证,取长补短,才能提高桩基检测结果的可靠度,确保施工质量。

作者简介:白彦飞,男,1968年生,工程师,1989年北京大学毕业。

[收稿日期:2003-10-08]

The Application of 3 Testing Measures in The Inspection of The Powder - Jet Pile

Bai Yanfei

Abstract: This paper focuses on the inspection of the powder - jet pile. It analyzes 3 inspection methods on the lime pile and its development tendency.

Key words: powder - jet pile low strain dynamic testing static loading testing sampling inspecting inspection direction

山西省水利学会第七次全省会员代表大会隆重召开

2003年12月9日,山西省水利学会第七次全省会员代表大会在太原隆重召开。这是山西省水利学会在新世纪迎来的一次盛会,山西水利学会史将揭开崭新的一页。山西省水利厅党组对会议的召开予以高度的重视和大力支持,组成了以李英明厅长为团长的大会主席团,会议期间省水利厅在并的全体党组成员百忙中亲临大会指导工作。中国水利学会为本次大会发来了贺信。来自全省的会员代表、特邀代表、六届常务理事等170余人出席了会议。

省水利厅纪检组郭正义组长主持会议并致开幕词,袁浩基巡视员代表厅党组致词,省民政厅李光烈局长、省科协关原成副主席参加会议并发表重要讲话,省林学会王玉田秘书长代表兄弟学会致贺词。

全体代表听取、审议、表决并一致通过了六届理事会工作报告和学会新《章程》,选举产生了山西省水利学会第七届理事会及领导机构。大会对六届理事会期间涌现出的22个学会工作先进集体,42名先进个人,8个热心支助学会工作先进单位进行了表彰奖励,同时对曾经担任学会领导职务、为学会工作做出突出贡献的33名同志授予“荣誉会员”的光荣称号。

新当选的山西省水利学会第七届理事会理事长李英明同志代表第七届理事会在大会上做了重要讲话,他说,新一届理事会将不辜负全体代表的信任和支持,在上届理事会工作的基础上,继续发扬“奉献、

创新、求实、协作”的优良传统和民主作风,按照新时期的治水思路和我省水利发展的实际,牢固树立全面、协调、可持续的发展观,依靠全体理事,依靠全体会员,竭尽全力,扎实工作,为早日实现山西水利现代化,为全面建设小康社会做出新的更大的贡献。他希望第七届理事会和全省广大水利科技工作者要大力弘扬科学精神和科学态度,倡导良好学风,反对学术浮躁和学术腐败;积极贯彻“百花齐放、百家争鸣”的方针和“民主办会”的原则,为水利科技人才成长、提高学术水平和增强创新能力营造良好的氛围和环境;为水利科技工作者多办实事,为他们提供施展才华的舞台;进一步为青年水利科技工作者创造良好的成长和发展环境,鼓励和引导他们站在科技与经济的前沿阵地,发奋学习、刻苦钻研,在水资源保护、洪水预警预报、大型工程设计施工和网络技术及地理信息系统等领域,充分施展自己的才华和抱负,将自己的人生价值融入全面建设小康社会和伟大事业。

会议号召全省广大水利科技工作者,高举邓小平理论伟大旗帜,认真实践“三个代表”重要思想,全面贯彻十六大和十六届三中全会精神,在社会主义现代化建设和全面建设小康社会的新的征程中勇攀新高峰,再创新业绩。

(山西省水利学会供稿)