



水泥粉喷桩检测方法的选择

河南万里路桥工程有限公司 张良奇

为了保证喷粉桩的施工质量,不仅要在施工过程中控制好原材料质量,做好室内配比试验、现场工艺试验,加强喷粉施工技术的管理监督,把好桩位测量放样及各道工序的检查关,还须对施工好的现场桩体进行最终检测,以对喷粉桩施工质量进行全面而准确地判断及评定。

一、粉喷桩的检测内容

粉喷桩处理软基,其最终质量控制参数是保证复合地基的整体承载力,为此粉喷桩检测包括两方面内容:

1.桩的测量放样检测,即在成桩后 7d 左右,通过检测桩位、桩数、桩间距来检查桩的放样情况。

2.桩体本身质量的检测,其中包括桩身的完整性、桩身外形尺寸(桩身截面,有效桩长等)、桩身的连续性、均匀性、强度、密实度、单桩承载力等,其中最主要的控制参数为单桩承载力。

根据水泥粉喷桩处理软土地基的控制参数及检测内容,检测水泥粉喷桩施工质量常用的检测方法有以下 7 种。

二、检测方法

1.目测法

成桩 7d 后,开挖 0.5~1.0m 深基坑,测量桩位、桩间距,检查桩数,不符合设计要求时应补桩或采取其他的有效措施;符合要求再检查桩身成形情况,通过目测群桩桩顶是否平齐,桩体是否圆匀,有无缩颈和凹陷现象,桩身有无水泥结块或夹泥层,颜色深浅是否一致,并用手感知桩身松散或硬结程度,来判断桩身水泥土的搅拌均匀程度,对于墙式搭接桩还可通过目测检查桩头部分桩间的搭接情况。

2.截取桩段试压法

在成桩一定龄期后(一般不少于 10d),在现场开挖出的桩体上部、桩顶以下连续截取长度等于桩径的三段桩体,上下截面用水泥砂浆整平,装入压力架后用压力机试压,可测得桩身的抗压强度和变形模量,同时也可以对桩段抗压破坏时进一步观察桩体喷粉搅拌的均匀性。

3.轻便动力触探法

一般是在成桩 7d 内,使用轻便触探器取桩身水泥土样,通过观察水泥土样的颜色是否一致、有无结块水泥或未拌匀的土团来检查粉喷桩搅拌均匀程度,同时根据触探击数(N10)来判断桩身强度,对 N10 贯入 10cm 击数不能少于 10 击,少于 10 击或者每击大于 10mm 的区段直接可认为所检查段不符合要求,应进行处理。

使用轻便动力触探法检测粉喷桩时应注意:(1)探测深度不能超过 4m;(2)触探点不能在桩中心位置,以避免桩中心水泥含量少、强度低的喷灰搅拌盲区,使触探具有代表性,一般定在距桩中心 2.5 桩径处;(3)触探时触探仪的穿心杆一定要保持垂直。

4.静力触探法

静力触探法是在成桩近期内,通过在桩身及桩周土的不同深度进行静力触探试验,画出桩身及原始地基的触探 P-S 曲线。对比两者的 P-S 曲线形态即可直观地反映出水泥土搅拌桩桩身的均匀性,并根据桩身的 P-S 值提高程度来分析桩身强度。这种方法宜在成桩后近期内进行,否则随着龄期的增长,桩身强度的提高使实施难度加大。有关水泥搅拌桩的各种国家规范中都没有将该法列为水泥搅拌桩的质量检测方法。

5.钻孔取芯法

钻孔取芯法是在成桩一定龄期后通过钻孔取芯来检查桩长、桩各部位的水泥含量、桩身水泥土的喷粉、搅拌均匀程度及桩身抗压强度的变化情况,同时在取芯过程中可以进行标准贯入试验。

通过观察钻孔取出芯样来判断粉喷桩桩身各部位搅拌的均匀性及状态;通过对芯样进行水泥滴定试验来检查桩身各段的水泥含量情况;通过对桩身各段水泥土原状土样的室内无侧限抗压强度试验及取芯过程各段配合用的标准贯入试验的标贯击数,可以可靠准确地判定桩身各段的桩身强度,同时也可测定出桩身土样的变形指标;通过在取芯过程中水泥土样的变化情况,可判定桩体的连续性并可确定桩长。

采用钻孔取芯法做单桩试验时应特别注意:

(1)孔位应避开喷灰盲区,宜定在离桩中心 2/5

桩径处;(2)在整个钻进取芯过程中,钻杆必须始终保持规定的垂直精度;(3)在原状水泥土取样过程中注意尽量避免对水泥土样的扰动,特别小心试样破碎。

6. 应力波反射法

在一定龄期后水泥粉喷桩具有介于弹性体至散体之间的力学性质,但对于桩周土(软粘土、淤泥等)来说,在施加较小外力的情况下,可视为弹性体。由于水泥粉喷桩在形态上其长度远大于桩径,因此可将桩视为一维弹性杆件,同时桩身的强度达到一定程度时其阻抗明显大于桩周土及桩底阻抗,这符合应力波反射动测的理论假设,应力波反射法是以弹性体内的应力波传播理论为依据,在桩顶中心用尼龙棒等垂直施加一冲击力,使桩质点受迫振动并产生弹性波,沿桩身向下传播。当桩身存在松散、夹泥、搅拌不均匀等缺陷时会造成密度、截面或波速变化,这必然引起波阻抗的差异,从而产生波的反射和叠加。该振动信号被置于桩顶的加速度传感器接收,传至桩身完整性检测仪,经检测仪将采集到的信号进行放大、滤波处理和初步分析,数据采集结束后再用专门软件在计算机上作详细分析,综合时域曲线和频谱图形,评价桩身质量(即桩身的完整性、搅拌的均匀性、连续性等和桩身水泥土抗压强度)。

使用应力波反射法检测和分析时要注意:

(1)测试时桩的龄期不宜太短,一般至少要28d,否则因桩身强度太低使桩身与桩周土波阻抗差异不大,无法测得反映桩身实际施工质量的理想波形曲线。(2)在对测试出的曲线结果进行分析时,不能象刚性桩那样把各种缺陷(如断桩、短桩、离析、夹泥等)仔细确定。在实测曲线上,波沿桩身传播出现有界面反射但不能仔细确定时,一般可以判定为搅拌不均匀。

7. 静载试验法

由于粉喷桩最终的控制参数是复合地基的整体承载力,静载试验法是在桩体达到一定龄期后,对单桩或复合地基通过具有一定刚度的压板加载来测试地基承载力的方法,包括单桩静载试验和复合地基静载试验。其试验要点如下:

(1)对于单桩静载试验,压板直径应与桩径相等。对于复合地基静载试验,压板尺寸按面积置换率确定。压板中心必须与试验面中心重合,压板下须用10mm厚的粗砂垫平。

(2)试验荷载应按等量分级施加,加载等级可分为8~12级。对于工程桩总加载量接近或等于但不得超过设计值的1.5倍,对于试桩总加载量不宜少于设计值的两倍,加载方式常用堆载法或锚桩作反力支承法等。

(3)测读沉降的间隔时间及稳定标准:根据沉降稳定标准的不同,分慢速法和快速法。在工程桩上进行的单桩静载试验可采用快速法,快速法观测沉降的间隔时间为5、10、15、15、15min,加载满1h即施加下一级荷载。在试验桩上进行的静载试验和在工程上进行的复合地基载荷试验宜采用慢速法,慢速法观测的间隔为10、10、10、15、15min,以后每隔0.5h读一次沉降,当加载量尚未超过设计要求值时,1h内沉降增量小于0.1mm才可加下一级荷载;当加载量大于设计要求值以后,1h内沉降增量小于0.2mm即可加下一级荷载。

(4)当出现下列情况之一时可终止试验,确定极限承载力:

①承压板周围的土明显地侧向挤出或压板周围出现明显的裂缝;②沉降 S 骤增大,荷载与沉降($Q-S$)曲线出现陡降段;③累计的沉降量已大于压板宽度 B 或直径 D 的10%;④总加载量已达到预定的要求;⑤对于慢速法,在某一级荷载下,24h内沉降速率不能达到稳定标准。

当出现终止加载条件1、5两种情况时,极限承载力取该级荷载的前一级荷载;当出现终止加载条件第2种情况时,极限承载力取相应于陡降段的起点即第二拐点的荷载值。

(5)卸载观测。每级卸载为加载的两倍,如为奇数,第一级可分3倍。每级卸载后,隔15min测读一次;读两次后,隔0.5h再读一次,即可卸下一级荷载。全部荷载卸完后,当测读到0.5h回弹量小于0.1mm即认为稳定。

(6)地基承载力的确定:

①对于单桩当极限承载力能确定时,取极限承载力的 $1/2$;未能确定极限承载力时,可取 $S/D = 0.01 \sim 0.012$ 所对应的荷载值。

②对于复合地基:当 $Q-S$ 曲线上有明显的比例界限时,可取该比例界限所对应的荷载;当极限承载力能确定时,取极限承载力的一半,并与按比例界限所对应的荷载相比,取两者中的小值;如总加载量已为设计要求值的两倍以上,取总加载量的一半;按相对变形确定。根据设计对沉降的要求和桩端土层的软硬,可取 $S/D = 0.004 \sim 0.010$ 所对应的荷载值。

尽管水泥粉喷桩的检测方法已有这么多,但每一种检测方法都有其局限性,没有一种方法是对桩身质量的全面评价。在没有一种更完美方法的情况下,为了保证水泥粉喷桩的桩身质量,确保软基处理的成功,应根据经粉喷桩复合地基处理工程的重要性、复杂程度及所具有的检测仪器设备的实际条件与现场的实际情况,从中选择合理、可靠、有效的检测方法。