

软土地区搅拌桩复合地基 设计和检验的几个问题

◇刘一举 周 健

【摘要】本文以作者多年来的工作实践为基础,对目前搅拌桩加固地基的设计和检验进行了分析探讨,强调:第一必须建立搅拌桩基是复合地基的概念,第二必须重视下卧层的检验和控制地基总的沉降量,第三必须采用综合的质量检验方法,不要迷信静力载荷试验。

一、前言

深层水泥搅拌桩加固软土地基在我国是由原冶金部建筑研究总院和交通部水运规划设计院于1977年引进的,1980年才正式用于工程实践,由于它施工工期短,没有公害,施工过程中无振动,无噪声,无地面隆起,不排污,不排土,不污染环境,对相邻建筑物不产生有害影响,具有较好的经济效益和社会效益。近年来,在我国分布有软土地基的地区(广东、浙江、福建、上海、天津、广西、云南、湖南、湖北、安徽)得到广泛应用。

深层搅拌桩法目前在我国的工程应用主要有下述几个方面:

(一)形成水泥土桩复合地基,提高地基承载力和改善地基变形特征;

(二)形成水泥土支挡结构物;

(三)形成水泥土防渗帷幕;

(四)与其它地基处理方法的联合应用。

本文只讨论第一种应用,即形成水泥土桩复合地基,提高地基承载力和改善地基变形特征。目前,设计人员在工程设计中,一般参照1991年冶金部《软土地基深层搅拌加固法技术规程》进行设计,并提出相应的检测方法。生产实践表明,在现行生产活动中,一些设计人员的设计和检测方法存在一些问题。本文就是对此进行探讨,提出一些看法,以引起广大从事软土地基加固处理设计、施工和检验的同仁重视,使这项技术日趋完善。

二、设计及检验方法存在的问题

(一) 设计中的问题

1. 对搅拌桩基的复合地基特性认识不清。

现阶段水泥搅拌桩加固地基设计上把搅拌体当作一种桩体,并称为水泥搅拌桩,把加固后的地基称为搅拌桩与桩间土构成的复合地基,认为水泥搅拌桩是一种介于刚性桩和柔性桩之间具有一定压缩性的桩。计算搅拌桩的承载力时采用与计算刚性桩相似的公式,即:

$$k_k^d = \eta f_{cu,k} A_p \quad (1)$$

$$k_k^d = q_s U_p l + \alpha A_p q_p \quad (2)$$

式中: k_k^d 为搅拌桩竖向承载力标准值(kN), $f_{cu,k}$ 为与桩土配合比相同的室内水泥土试块单轴抗压强度标准值(kPa), A_p 为桩的横截面面积 m^2 , η 为水泥土强度折减系数, q_s 为桩周土的平均摩阻力标准值(kPa), U_p 为桩的横截面周长(m), l 为有效桩长(m), α 为桩端土承载力折减系数, q_p 为桩端天然地基土的承载力标准值(kPa),规程规定,按上述公式计算时,结果取最小值。

式(1)实质上是水泥土柱全截面的单轴抗压强度,公式(2)是刚性桩的摩擦端承桩公式,采用式(2)来计算搅拌桩的单桩承载力是一种近似方法。根据搅拌桩在土层中的养护条件,水泥土的强度要达到室内配合比试验的强度是有困难的,对于浅部的水泥土可以在一定时期内达到一定的强度。而对于深部的水泥土要在建筑物荷载施加完毕的短时间内,达到预期的强度事实上是不可能的。因此,可以理解为,所谓水泥搅拌桩实质上不能称为桩体,而只能认为具有一定厚度的水泥土加固体,它既不是象刚性桩那样是不可压缩的,也不是象柔性桩那样在桩身周围内具有同一性状,它是在加固范围内上部有一定强度,而随着深度加大,强度逐渐降低的水泥加固土柱。既然水泥加固土与常规的刚性桩在性状上有很大的区别。所以在设计中就不能完全按刚性桩进行计算,而只能应用复合地基的设计准则来进行地基设计工作。有些设计人员形成了桩基都是刚性桩的思维定势,把搅拌桩当刚性桩来考虑,出现了不少问题。

某工程系二层框架结构楼房,采用条形基础。地基土为7~8m厚的淤质土。某大型岩土工程单位在搅拌桩地基设计中采用条形基础下单排布桩,桩顶没有加垫层,结果楼房2层结构完工后就发生基础下沉,实际上把桩当成了刚性桩,而搅拌桩因为水泥土的强度在楼房荷载加上后并没有如预想那样达到要求,桩体因荷载过大而发生强度破坏,地基失稳。

2. 沉降计算问题

搅拌桩用于软土地基处理时,如果软土厚度太大,往往受造价因素控制,桩尖不能支撑在软土下面的较硬土层上,而是悬浮在软弱土层中,这时,地基承载力设计值主要受沉降控制。有些设计人员习惯于对地基进行承载力设计,不重视地基下卧层的验算,对地基的整体沉降不作控制,结果造成建筑物

完工后基础下沉量过大,轻则影响正常使用,重则危及生命财产安全。

某某高新技术开发区内建有不少8层框架结构住宅楼,地基中一般存在有20m左右的软弱淤泥土。其中一些楼房采用了搅拌桩加固处理。1994年以来,这些楼房不同程度发生基础下沉,最严重的基础下沉量达到1m,影响了楼房的正常使用。在一次高新技术开发区建委组织的研讨会上,与会人员普遍认为,造成地基沉降过大的根本原因在于搅拌桩设计中忽略了下卧层的强度和变形验算,设计中只强调了地基的强度,对地基的总沉降量没有控制好。

3. 桩顶过渡层问题

深层搅拌桩与桩间土的强度和刚度差异很大,宜采用强度和刚度在桩体和桩间土之间的散粒材料形成过渡层,起均衡荷载和变形作用。这种过渡层有褥垫过渡层和塌落拱过渡层两种。

①褥垫:以均厚褥垫形式布置在深层搅拌桩及桩间软土上,采用粗砂卵石等细颗粒材料。它要求软土具有一定的抗剪强度,深层搅拌桩允许有一定的刺入量。通过褥垫材料在承受荷载后产生的流动补偿,使地基、桩间土与基础始终保持接触,从而充分利用桩间土的承载力,共同工作。褥垫层对于协调桩的变形,调整基础不均匀沉降,保证桩土的共同作用极为有效。

②塌落拱:为在深层搅拌桩及桩间土上组成的复合地基与基础之间设置的具有一定厚度的石渣过渡层。这种过渡层与褥垫过渡层相反,对桩间软土无强度要求,但要求深层搅拌桩底部深入承载力较大的持力层中。采用填料的块径较大,且有较大的内磨擦角。当桩间软土受荷载产生固结沉降后,位于支承桩上的石渣基本不沉降,而位于桩间土上石渣下部随之松动,下沉,形成塌落拱。上部荷载通过塌落拱传力至深层搅拌桩上,桩间软土基本不再承载,从而减少地基沉降量,过渡层兼起排水减压、均化应力作用。

目前,有些设计人员认识不到过渡层的作用,在复合地基设计中不设过渡层,造成了一些不应发生的工程事故或者加大了地基的沉降量。

(二) 搅拌桩地基的检验方法中的问题

目前勘察设计单位对搅拌桩地基检验方法如下:

(1) 轻便触探法:抽取数量一般为总桩数的20%以上,在成桩7天以后进行,用轻便触探钻取桩身水泥土样,观察搅拌均匀强度,同时根据触探击数用对比法确定桩身水泥土的强度。

(2) 钻孔取芯法:用回旋钻机在桩身中钻孔,采取原状土样,观察桩身的均匀程度,同时可用取出的试块测定水泥土桩身的单轴抗压强度。

(3) 载荷试验法:选取工程单桩做载荷试验以确定桩身的承载力,并进行复合地基载荷试验,综合确定地基承载力,载荷

试验在桩身龄期90d,不少于30d之后进行。

(4) 动测法:用小应变动测法检验桩身质量。

目前,各种检验方法都存在一定的不足:轻便触探法的适用深度在4m以内,超出这个深度,其数据将不再有岩土工程价值,钻孔取芯法价格昂贵,不可能全部进行,载荷试验法测定的地基影响深度有限,一般认为只有压板直径的3倍,即只能测出有限深度的水泥土的承载力。事实上,做所谓的单桩载荷试验时,甚至不能确定压板的沉降究竟是水泥土的沉降还是桩端的变形。

前面所举的 $\times \times 2$ 层工程实例,其检验由国家某权威单位进行,在选取的桩位上分别进行了轻便触探试验和钻孔取芯试验,并分别作了单桩载荷试验和复合地基试验。报告均显示地基强度超过设计要求,特别是载荷试验报告令所有参予者对地基处理效果深信不疑,结果出现了意想不到的工程事故。桩身强度在平面上的不均匀是本工程事故的根本原因之一。楼房开裂部位的桩身强度显然不合要求,这在检验中是没能发现的。可以说,这个2层小楼充分暴露了目前搅拌桩设计和检验的所有问题。

由于我国的工程建设体制问题,大多数地基处理设计由结构设计人员承担,而岩土工程技术人员则一般承担检验任务。结构设计人员在思维定势上习惯于刚性桩,不知不觉中喜欢把水泥土加固视为刚性桩体。而从事检验的人员则过分相信载荷试验,不了解载荷试验也有适用条件。这些大概是目前搅拌桩工程出现问题的深层次原因。

三、一些建议

(一) 关于设计问题

应建立复合地基的概念:搅拌桩基是复合地基,并不是一种刚性桩基。设计前应仔细阅读工程地质报告,了解地基土的组成和各层地基上物理力学性质,要特别注意地基土在空间上和平面上强度和变形的不均匀性,根据上部结构荷载特征确定适当的复合地基承载力和变形模量,以变形和强度双控制的原则进行复合地基设计。当软弱土层较厚,搅拌桩又不能进入硬土层时,要特别注意下卧层的验算和地基总沉降量的验算。桩顶原则上应设置过渡层,特别当单排布桩时,一定要设褥垫或塌落拱过渡层,其厚度一般在30cm~60cm之间。

(二) 关于检验方法

搅拌桩复合地基的检验一定要采用综合的方法,具体说就是要深浅结合,检测点的布置有代表性,数量要足够。要特别注意不能以简单几个载荷试验来评价地基的处理效果。只有当足够数量的小应变动测、轻便触探孔、标贯试验孔和钻孔取芯孔试验数据满足设计要求的前提下,采用载荷试验资料作为设计依据才有意义。

作者单位:黄山市建筑设计院