影响粉喷桩质量的因素及提高质量的方法

诸永峰
(富阳路桥工程公司)

提　要　影响粉喷桩质量的因素有自然的、人为的。如被加固土的天然含水量、有机质含量、pH 值、粉喷钻机及配套设备的性能、钻头形状、粉体计量及施工工艺等。克服这些因素的不利影响即为提高粉喷桩质量的方法。

一　前　言

粉喷桩是利用水泥、石灰等粉体材料作固化剂，通过特殊的搅拌钻机，定时定量地从钻头的喷嘴喷出就地将地基土和固化剂强制搅拌，利用固化和地基土之间所产生的一系列物理化学反应，结成具有整体性、水稳性和一定强度的固结土柱体。这种固结土柱体与周围的地基土组成了复合地基。所以用粉喷桩加固地基，它的设计和计算是按照复合地基的理论进行的。

用粉喷桩加固地基能提高地基土的承载力。粉喷桩在土中的作用与一般桩基不同，它是由粉喷桩及桩间土共同承担上部荷载，所以粉喷桩的强度将直接影响复合地基的承载力。同时用粉喷桩加固地基能较大幅度地减少地基的沉降量。复合地基沉降量一般计算方法是由两部分组成的，即加固区地基固结压缩变形引起的沉降和加固区以下压缩层的沉降量。第一部分的沉降是主要部分，它与粉喷桩的质量也有关。此外粉喷桩本身的连续性、均匀性也将在强度和变形这二个方面体现出来。所以说粉喷桩的质量将直接关系到加固地基的效果，是关键所在。

粉喷桩在加固软弱地基方面有独到之处，尤其在高速公路软基处理中发挥了很好的作用，被大量推广运用，可以说是目前高速公路软基处理较好的方法之一。然而也由于不深刻了解粉喷桩在地基处理中起的作用的本质，忽视了粉喷桩的质量，影响了工程质量，带来损失，因此有必要就粉喷桩质量问题进行探讨并提出有效的克服方法。

二　影响粉喷桩质量的因素

1. 地基土的天然含水量

在粉体搅拌法加固软弱土层技术规范中规定“适用的加固范围为天然含水量大于 30% 的淤泥质土、粘性土和粉性土地基”，“当天然含水量大于 70%时不宜采用”。不难理解，当加固料粉体喷入土中后进行一系列的物理化学反应，离不开水的作用。所以当土的含水

量小于 30%时，就不可能充分进行这种作用。反之，如果土的含水量大于 70%时，水量有多余，即使粉体的加入也难使原来塑性状的土变为半固态的土体，强度提高很小。由于抗剪强度很低，还会带来其他一些弊病，如施工完成的粉喷桩突然“下沉”，形成地表空桩现象，这些都是含水量太高引起的。可见被加固土的天然含水量对粉喷桩质量影响极大。

2. 地基土的有机质含量

在海相或沼泽地淤积的软土中往往含有较多的机质，实践告诉我们如果用普通水泥作加固料来加固这种软土将是无效的或效果很差的。即使喷入的水泥量如何的多也不可能固结成一定强度的水泥土体。这主要是由于有机质含量的存在阻碍了这种物理化学作用的进行。这一点非常重要，如果忽视这种情况，甚至会导致工程的失败。

3. 地基土的 pH 值

地基土的 pH 值也会影响加固效果，规范规定当 pH 值小于 4 时也不宜采用。

4. 粉喷钻机及配套设备的性能

当地基土的性质确定以后，施工钻机及配套设备的性能将直接影响粉桩的质量。钻机必须具备足够的动力完成所要求深度的钻进和搅拌，要具有正向钻进反转提升的功能，能实现匀变速提升和钻进。同时钻机必须具备提升速度和搅拌速度相匹配的条件，能在提升的过程中使得粉料和土体得到充分的搅拌。

作为配套设备的粉体发送器是发送粉材料的关键设备，首先要确保具有足够定时定量将粉体发送的能力，然后通过控制钻杆的提速及转速来实现按设计要求的粉体掺入量，使粉喷桩强度满足要求，从而确保粉喷桩的质量。

5. 钻头的形状

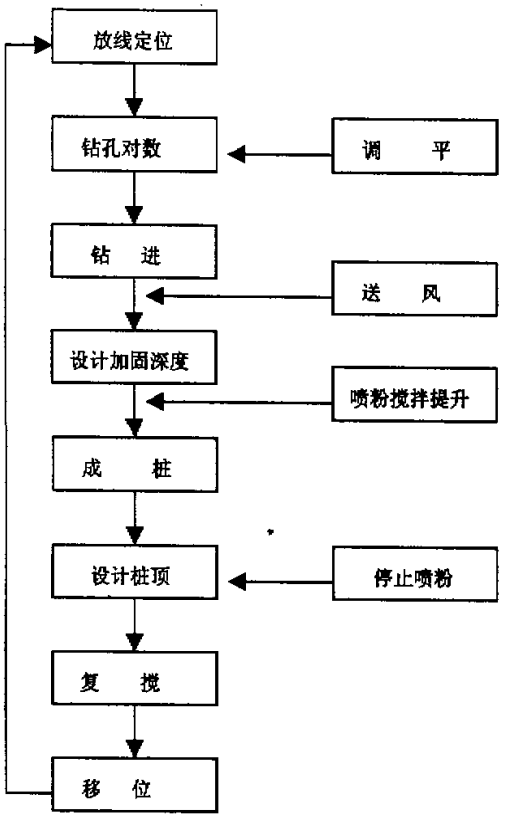
钻头形状包括叶片的大小，倾角和叶距，它的合理配制将直接影响粉喷桩的质量，也就是说即使上述的因素都满足要求，如果钻头的形状不合理，也不能生产出质量好的粉喷桩。这是生产高质量粉喷桩的必要条件。粉喷桩的形成过程要求钻头具有向下钻进快速下钻，充分将周围的土体搅松，在上提反转时能做到喷出的粉体与搅松的土充分拌和，并有一个向下压迫的力，促使固结土压实。要达到上述二方面的条件，就必须求得钻头形状最合理的参数。曾经有些厂家不了解这种本质关键，生产出不合格钻头，用这种钻头生产出的粉喷桩质量甚差，居然还不知道原因所在。

6. 粉体的计量

要保证粉喷桩的质量，就必须确保按设计所要求的掺入量，同时保证搅拌的均匀性和柱体的连续性。监控这些的手段就是要在施工过程中对粉体进行动态计量。要达到计量正确是比较困难的，因为这是涉及气体和固体双相流原理的课题。在国内自从 80 年代粉喷技术研究开发成功到后来推广运用，都没有很好地解决过。最近在工程界推广使用的喷粉计量仪均以电子称重法为基础的，施工中通过电子称重法将瞬时粉体流量、累计流量、深度等项目通过电脑自动打印输出，这样做比过去相对有很大进步，基本满足粉体计量的需要。但要真正达到双相流的计量还有较大的差距。

7. 施工工艺

粉喷桩的施工工艺流程如下图：



粉喷桩施工工艺是一种综合作用过程，是保证粉喷桩质量的重要保证。因为每一环节的正确执行，就保证了全过程的完好，实际是一种程序控制。

三　提高粉喷桩质量的方法

影响粉喷桩质量的因素有很多，设法克服这些不利因素的影响就是提高粉喷桩质量的方法。

1. 克服地基土天然含水量偏低或过高的方法

对于地基土天然含水量过低(小于 30%)，这种情况实际遇到不是很多，对于这种土最好不采用这种方法处理，若条件要求必须要用粉喷桩，可以在钻孔位向下注入足够的水量，同样能满足要求，保证粉喷桩的质量。

对于地基土天然含水量过多(大于 70%)，这种情况是经常遇到的，最好也是不采用这种方法处理。如果比较之下还是采用这种方法有利，可采用增加粉体的掺入量，用一次喷入或二次喷入都可以，视其试验效果而定。其实质是逐步改变土壤含水量的过程。如果出现桩头“下沉”，应立即用周围土将空洞填实，重新进行一次喷搅施工，深度应超过桩体

下沉量，保证桩体的连续性。

2. 克服有机质含量的方法

在用粉喷桩处理软土地基时，经常遇到含有机质的土，用一般的水泥无法形成土桩体，最有效的方法是根据含在土中有机物质的性质，选择针对这种有机质的特种固化剂，全部采用或部分掺入使用，这种特种固化剂的选择和定量要通过室内配方试验来确定。

3. 粉喷钻机及配套设备的选择

目前在市场上通用的钻机(包括配套设备)有铁道部武汉机械研究所生产的和上海探矿机械厂生产的粉喷钻机，经过各项测试和大量施工实施，认为这两家生产的粉喷钻机是比较好的，能够满足上述提出的各项要求。其他非正规厂家生产的钻机，一定要检验产品质量。

4. 钻头形状的选择

选择上述要求的钻头形状，要求钻头叶片有一定倾角和一定间距，倾角太缓和叶距太密都将会影响粉喷桩的质量。当叶片外缘磨损太多时，应及时补上，确保粉喷桩的直径。对不同岩性的地基土要选用不同类型的钻头。

5. 粉体计量的可靠性和精确性

目前使用的这种粉体计量设备也只能说基本满足要求，距真正测定气固二相流还有较大差距。现在这种计量仪的种类也很多，但原理几乎一样，所以在选择使用中要注意应选择喷粉在先计量在后，设备严格控制等粉体到达孔底再施喷搅并计量。注意瞬时计量和累计计量，把真正喷入土中的粉量和实际记录之差控制在5%以内。

6. 施工工艺的确定和执行

在进行粉喷桩施工过程中，须根据实际情况确定正确的施工工艺并照此严格执行。在这严格的控制下，生产的粉喷桩质量定能达到设计要求。

四　结束语

影响粉喷桩质量的因素很多，涉及面很广，施工过程中每一环节不当就有可能导致粉喷桩质量的差劣。而且这种因素也在变化中，有时这方面起主导作用，有时另一方面起主导作用，因此我们在克服这些不良影响中也要随机应变，掌握主要矛盾和矛盾的主要方面。