

公路软基施工质量综合控制方法

刘吉福^{1,2}, 魏金霞²

(1. 华南理工大学, 广州 510640; 2. 广东省航盛工程有限公司, 广州 511442)

摘 要: 根据大量公路软基处理的施工实践, 提出了公路软基处理施工质量的综合控制方法。实践表明, 从软基处理的施工机械、原材料、施工安排、施工过程、施工效率、成品检验、制度威慑等方面进行公路软基施工质量综合控制是有效的, 也是必要的。

关 键 词: 软基处理; 质量控制方法; 施工效率

中图分类号: U 41

文献标识码: A

Methods of comprehensive control over construction quality of improvement of ground for highways engineering

LIU Ji-fu^{1,2}, WEI Jin-xia²

(1. South China University of Technology, Guangzhou 510640, China;

2. Guangdong Provincial Hangsheng Engineering Co. Ltd. Guangzhou 511442, China)

Abstract: Methods of comprehensive control over construction quality of improvement of soft ground for highways engineering are suggested based on a lot of highway projects. The construction quality of improvement of soft ground for highways engineering can be controlled effectively and should be controlled by means of controls of the construction machinery, material, construction arrangement, procedure of production, production efficiency, product examination, rules of quality control, etc..

Key words: improvement of soft ground; method of quality control; production efficiency

1 引 言

工程实践表明, 施工管理对公路软基处理的效果影响非常大。例如, 深层搅拌桩在原理上非常合理和经济, 也曾经在不少工程中得到成功应用。但是由于其易于被“偷工减料”, 施工质量控制难度较大, 导致部分软土深度并不是很大的公路工程采用搅拌桩复合地基处理后仍然出现较大的工后沉降、桥头跳车严重, 被社会舆论称之为“豆腐渣”工程。由于深层搅拌桩质量不容易保证, 其处理效果和作用逐渐受到怀疑, 部分地区已经禁止使用, 不少地区已经开始慎重采用。由于类似的原因, 尽管塑料排水板、相对袋装砂井具有许多优点, 但到目前为止广东省交通行业还较少采用塑料排水板, 而是更多地采用质量相对容易控制的袋装砂井。现在真空预压法、真空联合堆载预压法、CFG 桩等软基处理方法也面临着类似的命运, 这是一种十分可悲的现象。

长期工程实践表明, 研究质量控制方法、加强施工管理是确保公路软基处理施工质量、减少工后沉降和桥头跳车的重要出路。笔者根据多年的施工管理经验, 利用“东吴人知东吴事”的优势, 已为公路建设管理单位出谋划策、拯救软基处理方法、减少恶性竞争为目的, 提出了一些实用的、有针对性的软基处理施工质量综合控制方法。这些方法主要用于建设单位或监理单位对施工单位的施工质量监督与控制。

2 软基处理施工质量控制方法

研究表明, 对软基处理施工工程可以从施工机械控制、原材料控制、施工安排控制、施工过程控制、施工效率控制、施工监测控制、成品检测、制度威慑等方面进行质量综合控制。

2.1 施工机械控制

软基处理施工机械控制的重点是检查施工机械的性能能否满足设计要求。目前, 软基处理施工机

械非定型产品较多,如深层搅拌桩、塑料排水板、袋装砂井等项目的施工机械都不是定型产品,不同厂家生产的机械性能、施工参数不完全相同。因此,软基处理施工前应通过检查机械牌名、工艺性施工、试验桩等手段检查施工机械是否满足设计要求。例如,对于深层搅拌桩要检查搅拌桩机提升、转动档位是否满足设计要求;对于袋装砂井要检查砂井机套管长度是否与设计砂井长度相符;对于真空预压工程应注意检查抽真空设备的功率是否与设计要求(真空预压经常采用 7.5 kW 的离心泵)相符等。另外,抽真空系统长时间运转后进入射流泵的泥砂会严重磨损离心泵,实际输出功率降低。因此,应经常检查离心泵,及时替换磨损严重、造成实际输出功率降低严重的射流泵。

2.2 原材料质量控制

在原材料质量控制方面应注意以下几点:

(1) 建设单位、监理等应向设计提出建议和要求,采用优质可靠的材料类型。例如,目前排水板类型很多,排水板规范已不能适应现状。具体项目可具体作一些规定,可以比现行规范规定的标准大些。为了控制打设深度采用可测深度的塑料排水板;在真空预压或真空联合堆载预压工程中,塑料排水板的通水量宜提高到 $50 \text{ cm}^3/\text{s}$ 或以上。滤膜的透水性最好使渗透系数大于 10^{-3} cm/s ,隔土性 O_{98} 可放宽到不大于 $100 \mu\text{m}$,以减少发生堵塞。在沿海风大和打设深度较大的地区,复合体的抗拉强度宜大于 $2.5 \text{ kN}/10 \text{ cm}$,以抗风力^[1]。

(2) 尽量由建设单位供应主要施工材料(通常简称“甲供料”)。对于砂井袋、塑料排水板、土工合成材料、水泥等工厂生产的材料可以“甲供料”方式。例如目前劣质塑料排水板较多,为了更可靠地保证塑料排水板的质量,应尽量采用“甲供料”方式。

(3) 避免低价竞标。采购材料招标时,应采用合理价中标的方式,不宜采用低价中标方式。过低的价格是不可能保证材料质量的。

(4) 加强检验与保管。对于采购的原材料应严格按照规范要求的频率进行检验,检验取样严格按照规范要求的方式进行,应特别注意做到随机抽检。对进场的材料应妥善保管,如砂井袋、塑料排水板、土工格栅必须存放在工地材料仓库中,以防止日晒雨淋加速材料老化;水泥应采取必要保护措施,以防止潮湿变质。

2.3 施工安排

部分软基处理方法的处理效果与施工安排关系密切,需要合理安排施工顺序。例如,大量工程实践表明,对于软黏土地基中的大面积密集布置的素

混凝土桩、管桩等挤土性桩,如果不采用跳桩施工等措施而是连续施工时,会出现地面隆起、加固区周围侧向位移等现象^[2],可能会造成已施工的素混凝土桩被拉断或剪断及管桩偏斜。为了减小挤土效应,软基中的混凝土桩往往需要跳桩施工。当采用素混凝土桩(或管桩)+竖向排水体时,为了控制挤土效应,应先施工竖向排水体后施工素混凝土桩(或管桩)。

当采用粉喷桩+竖向排水体处理方案时,为了有利于粉喷桩喷灰和及时消散超静孔压,应先施工竖向排水体再施工粉喷桩;采用喷浆搅拌桩+竖向排水体处理方案时,由于喷浆搅拌桩会有较多地返浆,为避免返浆污染竖向排水体,应先施工搅拌桩再施工竖向排水体。

2.4 施工过程质量控制

施工过程质量控制的重点是检查施工工艺和方法是否合理,施工参数是否满足设计要求。施工工艺与施工参数往往决定了软基处理的成败,例如搅拌桩搅拌次数、提升和下沉速度对搅拌桩质量影响很大。为了保证搅拌桩搅拌均匀性的,有的工程要求采用“四喷四搅”施工工艺;但是部分施工队伍为了提高施工效率,常常改为“二喷二搅”施工,导致搅拌桩质量较差。对这类施工工艺可以通过加强施工过程中的监督得到一定程度地控制。

为了保证袋装砂井灌砂密实度,除了采用振动灌砂机灌砂以外,袋装砂井还需经过吊打,吊打后人工二次补灌。所谓吊打即在一根砂井施工时,下一根砂井吊在砂井套管顶部,随拔管而被吊起和振动,从而将砂井振密,并对空出的部分补灌;吊打不但可以保证砂井密实,也检验了砂井袋的抗拉强度和缝合强度。

真空预压过程中应经常检查开泵数量和抽真空时间。工程实践表明,虽然减少一定数量的射流泵对膜下真空度影响不大,但是对真空预压效果却有影响。减少射流泵数量会造成加固区周围地下水位升高,导致真空预压降低水位增加有效应力的作用减弱,从而影响加固效果;不断改变射流泵运转的数量,也会造成膜下水流方向的不断改变,从而影响排水速度和加固效果。不少真空预压工程表明,减少射流泵数量后,膜下真空度变化不大,但是沉降速率明显减小。为了保证射流泵开泵数量和时间,除了经常现场检查外,还可以采用安装电表的方式进行控制。对于真空度作假的现象,可以采用以下方法检查真空度:(1) 抽真空过程中对各真空表进行回零检查,不能回到零点的真空表的真空不是真实的;(2) 不定期地采用经过校验的基准表抽查各

真空表处的真空度。

2.5 施工效率控制

软基处理质量差通常不是因为“减料”，而更多是因为“偷工”。如果掌握了正规施工时的施工效率，结合检查现场机械数量和施工安排，通过施工纪录签认和工程计量等环节，便可以较轻松地控制“偷工”现象。例如，某工程一台搅拌桩机的施工效率为 700 m/d，施工质量可想而知。如果建设管理单位了解搅拌桩正常的施工效率，上述现象是可以避免的。表 1 给出了常用软基处理方法正常的施工效率供参考，对于具体工程的施工效率可以根据工艺性施工或试桩施工实测统计得到。

表 1 软基施工正常施工效率

Table 1 Statistics of conventional production efficiency of soft ground construction

序号	项目名称	施工工艺	施工效率 / m/台班
1	袋装砂井	滚筒机	1 000
		履带机	1 800
2	塑料排水板	挖机改装机	10 000
		砂井机	3 000
3	深层搅拌桩	2 次搅拌	140
		3 次搅拌	100
4	高压旋喷桩		60
5	砂桩		280
6	素混凝土桩		220
7	管桩		300

2.6 成品检测

成品质量检测指各分项工程完成后的检测。成品检测应采用针对“偷工减料”的检测手段，这一点是非常重要的。例如冲水拔袋法是检测袋装砂井长度的有效手段，即采用高压水冲出袋装砂井内的砂后，将砂井袋拔出来检验其长度。对于塑料排水板建议采用同时设置测深导线和测深刻度的塑料板。为便于利用测深刻度检查打设深度，可以通过合同等手段要求塑料板逐行打设，以便于检查打设深度。为了减少地下水对导线测深的影响，应在塑料排水板打设后 7 d 内测深。

工程实践表明，采用挖桩头或载荷试验的方法检验深层搅拌桩的质量是难以检验到深层施工质量的。由于载荷板尺寸较小，影响深度有限。图 1 是江中高速公路搅拌桩单桩载荷试验测定的桩身不同深度处的沉降。可见，载荷试验只能反映桩顶以下约 5 m 范围内的桩身质量。部分道路搅拌桩只施工到设计长度的一半，承载力可以满足设计要求，但是在宽度较大的公路路堤的散体荷载（砂、土、石等）作用下，公路的工后沉降非常大。抽芯法是检

测桩体质量和长度的有效手段^[3]。桩身强度验收标准应与桩身完整性密切结合。桩身完整性可以根据 28 d 以上龄期的芯样的 RQD 值进行评价，通常情况下芯样的 RQD 不应低于 85 %。部分工程采用标准贯入试验或重型动力触探试验检验搅拌桩的质量，实践表明也是可行有效的。

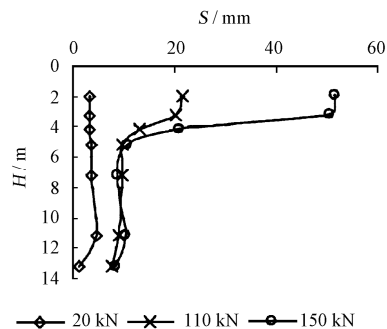


图 1 搅拌桩载荷试验不同深度处沉降

Fig.1 Settlements at different depths in loading test on mixing piles

对于长度超过 15 m 的中小直径 CFG 桩等素混凝土桩采用抽芯法检测时，经常出现钻不至桩底就偏出桩身外的现象。对于较长的中小直径素混凝土桩建议采用低应变动力检测方法检测桩长和桩身完整性。

成品检验应切实做到随机性，不但选取的桩（井）位要随机，而且选取的芯样也要随机。桩（井）位和芯样选择应由设计、监理、业主代表现场共同进行。

2.7 制度威慑

招投标、签订合同时将质量管理与奖罚制度同时公布。通常情况下，可操作性强的、严格执行的、预先公布的施工质量管理体系可以起到很好地威慑作用。例如，对采用载荷试验验收搅拌桩施工队均不担心，某工程 A 明确必须抽芯检测合格后方能支付工程款后，不少搅拌桩队伍自动退场；某工程 B 明确规定由业主采用冲水拔袋法检测袋装砂井长度后，不少施工队伍的施工效率明显降低，有效保证了袋装砂井施工长度。

参考文献

- [1] 娄炎. 真空预压加固软基处理技术[M]. 北京: 人民交通出版社, 2002. 78.
- [2] 刘吉福, 郑开锦. 砂桩+素混凝土桩+褥垫层复合地基快速加固结构物附近软基试验研究[A]. 珠江三角洲高含水量粘土地基工程特性及快速加固机理的研究[R]. 广州: 广东省航务工程总公司, 2001.
- [3] 刘吉福, 魏金霞. 对搅拌桩的若干认识[J]. 岩土工程界 2004, 7(增): 72—75.