

# 长区段大面积软土地基处理综合施工技术

程新军

(中铁十六局集团,北京 100041)

**摘 要:**软土地基处理是高速公路施工中的难点之一。介绍了漳(州)诏(安)高速公路 A7 合同段 K87+600~K89+243 段成功地运用砂桩(Sand Pile)、水泥粉煤灰碎石桩(Cement Fly-ash Gravel Pile)和塑料排水板(Plastic Drainage Board)等手段进行软基处理的工程实例,希望能为今后类似工程实践提供一定借鉴。

**关键词:**高速公路;软基处理;多种方法;综合运用

## 1 工程概况

漳(州)诏(安)高速公路 A7 合同段位于福建省云霄县境内,其中 K87+600~K89+243 段为软基段落,面积  $16.5 \times 10^4 \text{m}^2$ ,软土最深为 16.5m,表层硬壳为粘土,软土的容许承载力在 40kPa 左右。段落中有中桥 1 座、立交桥 1 座、涵洞 12 座,其间水系纵横交错、水网复杂,池塘、沼泽占据较大面积,从而给软基处理又增加了难度。

## 2 施工方案的确

因本段软基毗邻漳江入海口,为近海沉积层,在地质上属第四纪全新纪  $Q^4$  土层,土的类别多为淤泥、淤泥质粘土、淤泥质亚粘土。这种土含水量高、孔隙比大、抗剪强度低、压缩性较高、渗透性小,在荷载作用下固结速度缓慢、灵敏度高,取原状样很困难,强度一般都小于原位测试强度,是典型的软土特征。而高速公路对地基变形量的要求很高,一般要求在使用期内路堤的工后沉降量 30cm,桥台处工后沉降量 10cm,因此,针对不同地质情况,本软基处理段落主要采用了砂桩、水泥粉煤灰碎石桩以及塑料排水板三种方式。在 K87+600~K87+770 段及涵洞基底采用砂桩处理,因其处于大片池塘之中,淤泥较深,且四周水系交汇,为确保路基及构造物安全,采用打设砂桩的方法巩固软基,加速软土排水固结,提高地基承载力以减少工后沉降。

K87+770~K87+915 及 K88+054~K89+220 为桥头路段,为确保桥梁主体结构安全,避免日后发生桥头跳车现象,故采用水泥粉煤灰碎石桩处理,并采用调整桩长的方法与一般路段软土地基处理过渡,以减少接头处因沉降速率不同造成的沉降差。对桥头、涵洞以外的普通路段,采用打设排水板的方法处理。

## 3 主要施工方法及工艺

### 3.1 砂桩

#### 3.1.1 原材料要求及机具设备

砂桩施工用砂为不含有机质的粗砂或砾石,在压实至按 JTJ051-93 重型击实法测定的最大干密度 100% 时,应有 0.1cm/s 的渗透性,其最大粒径 40mm,通过 0.25mm 筛孔的颗粒含量 10%,且通过 0.074mm 筛孔的颗粒 5%,施工用机具采用 ZKL 振动式沉管桩机。

#### 3.1.2 施工工艺

施作临时涵,保证现有水系通畅。平整场地,清除河道内淤泥,垫 30cm 厚碎石或砂卵石,以便设备行走。施工放样,布置桩位平面图。完毕之后桩机入场,桩靴闭合,桩管垂直就位,打入设

计深度。用料斗向管内灌砂。灌砂共分 2 次,第 1 次灌桩管长度的 2/3,待桩管从土中拔出一半后,再灌剩余的 1/3。施工时,拔管速度控制在 1.5~3m/min,效果较好。

#### 3.1.3 质量控制

由于管段内砂桩均处于池塘、河道、水田等软弱粘性土中,桩与桩之间影响较大,成桩困难,故采用隔行施工,各行之间也要隔桩施工。桩体在施工中确保连续、密实,避免断桩或缩径现象。一旦出现此类现象,即提高振动频率,采用饱和砂或分段投砂提管等措施补救,乃至复打。

### 3.2 水泥粉煤灰碎石桩(CFG 桩)

#### 3.2.1 原材料及机具设备

粗骨料为级配碎石,用未风化的干净砾石或岩石轧制而成,符合 5~40mm 连续级配要求;细骨料为粗砂,采用渗水率较高的粗砂,>0.5mm 的砂的含量应占总重的 50% 以上,含泥量 3%,渗透系数  $5 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ;水泥为普通硅酸盐水泥(P.O.425R);粉煤灰采用漳州市后石电厂生产的 I 级粉煤灰。

施工机具:采用 60ks 振动式沉管桩机。

#### 3.2.2 施工工艺

清除表土至原地面以下 15cm,挖纵、横向排水沟,修筑路拱,用推土机整平、压实,压实度 >90%,铺设下层级配碎石砂垫层,并将表面整平、压实,在其上施作钢筋网,再铺设上层级配碎石砂垫层。然后对桩位进行放样,测量场地的标高。标高要高出粉煤灰碎石桩桩顶标高(即扩头桩底面标高)60cm,桩位放样后,做好记录并埋置  $C_{35}$  钢筋砼桩尖。

在水泥粉煤灰碎石桩施工前先打试桩,试桩根数按部颁《公路软土路堤设计与施工技术规范》要求,5 根,试桩抬架配重与设计相同。打试桩时安排专人做好电流、抬架、桩长、拔管速度、充盈系数等情况记录,并对地质变化进行分析,以复核地质资料、检验机具设备、工艺和施工技术参数。施工完毕后对试桩进行单桩承载力检测,试桩参数作为工程桩施工的依据。

施工过程中,粉煤灰碎石桩具体桩长控制以达到设计抬架为准,砼坍落度控制在 6~8cm,初凝时间 5h,混合料拌合时间 3min。钻孔对位时,调平桩机平台,保证桩的垂直度。当桩管内砼高度 >3m 时开始拔管,拔管前先振动 3~5s,拔管速度控制在 0.8~1.0m/min,并始终保持管内砼高度,直至达到灌完计算的砼方量,然后再补料。

#### 3.2.3 质量控制

桩径允许偏差 2cm,垂直度允许偏差 1%,桩位允许偏差 5.0cm,施工过程中每台桩机每天取 2 组(2×3 块)15cm×15cm×15cm 试块,作为施工记录,以监测桩质量。二组试块的龄期分别为 7 天和 28 天抗压强度。成桩 28 天后进行质量检测。粉煤灰碎石桩施工质量合格后,再施工扩头桩帽,具体方法是:在距桩顶以下 0.6m 处后开始挖桩顶土体,成上宽 1.0m,下宽 0.4m 的倒喇叭形锥台体,用与桩体同标号的粉煤灰砂灌成扩头桩帽,待龄期达 28 天后铺筑碎石垫层、钢筋网,然后填筑路基。

### 3.3 塑料排水板

#### 3.3.1 原材料及机具设备

塑料排水板为 SPB-B 型,其材质要求:芯板是由聚乙烯加工而成的多孔管道板带,要具有足够的抗拉强度和垂直排水能力。抗拉强度 130 /cm,当周围土体压力在 15m 深度范围内 250kPa 或在 > 15m 范围 350kPa 条件下,其排水能力 30cm<sup>3</sup>/s。芯板还要具有耐腐蚀性和足够的柔性,保证塑料排水板在土体固结变形时不会被折断或破裂;滤套要具有一定的隔离颗粒和渗透功能,应等效于 0.025mm 孔隙,其最小自由透水表面积应为 1500cm<sup>2</sup>/m,渗透系数应  $5 \times 10^{-3}$  cm/s。

塑料排水板的施工机械可以与打设砂桩的机械共用,只是将打砂桩时用的圆形导管改为矩形导管即可打设排水板,既经济又方便。

#### 3.3.2 施工工艺

首先进行测量放样,根据设计起讫桩号打出控制桩,每隔 20m 放出线路中心桩。按照打设的宽度放出边桩及护桩。将施工范围内的树木、杂物清理干净,并挖除树根,清理平整施工场地,按设计标高整平,做成 > 1% 的双向横坡,并进行压实(压实度 > 90%)。然后铺设砂垫层,砂垫层总厚度 40cm(压实)分两层铺筑各 20cm,第一层铺设 20cm,然后开始施打排水板,最后再铺设其余的 20cm,并压实到要求的密实度(> 90%)。由于地表较软弱,运输车辆使用轻型车辆,尽量减少对地基的扰动。将砂堆于处理地段以外,然后用小型运输工具运入施工地段。摊铺做到均匀、平整,形成双向横坡,避免泥土、杂物混入砂垫层,并用静压式压路机进行压实。

根据设计给定的处理长度、宽度及板距计算出布置的排数和列数。由于布置的原则按正三角形(梅花形)故:

$$\text{排数} = \text{处理长度} \div \text{设计板距} \times \sin 60^\circ + 1$$

$$\text{列数} = \text{处理宽度} \div \text{设计板距} + 1$$

根据计算结果画出布桩图,标明排列的编号。每排桩的轴线垂直于线路中心线,曲线上为法线方向。并绘制一张较大比例的布桩图交施工人员打设时使用,每施打一根,就在图上相应位置标出,以免遗漏。由于有些处理段落位于斜交结构物的两侧,注意两个三角形地带的布桩,不要超布或遗漏。根据布桩图在铺设好的第一层砂垫层上放出具体的桩位,做出鲜明的标志。放桩位时先在半幅内布设,以免施工时丢失。施工中经常注意检查和保护,丢失的及时补上。

布桩完毕之后,插板机入场,将排水板装入卷筒,并通过门架上的滑轮将排水板引入插杆中。将排水板从插入杆端头引出、折回,夹上插销。拉紧排水板,将插入杆对准桩位,用液压马达将插入杆静压入地基,到达设计深度(预先在插入杆用红漆划上标志)后将插入杆拔出,并在砂垫层以上 30cm 处将排水板剪断埋入砂中。施工时防止泥土进入板芯,堵塞输水孔,影响排水效果;塑料

排水板与桩头要连接牢固。避免提管时脱开将塑料板带出,桩尖平端与导管靴配合要适当,避免错缝,防止污泥在打设过程中进入导管而增加对塑料排水板的阻力,甚至将塑料板带出。

#### 3.3.3 质量控制

施打时用经纬仪控制门架垂直度(< 1.5%)。上拔插入杆时带出的淤泥,清理出砂垫层外,以免堵塞排水通道。结构物两侧的沉降过渡段严格按照长度、间距、过渡的起讫范围进行打设,施工时应加强检查,保证板距、垂直度、板长、跟带长度等符合规范要求,否则重打,重打的桩位与原桩位置不大于板距的 15%。打设后形成的孔洞应用砂回填,不能用粘土块或其他材料堵塞,必须用砂灌满,以防堵塞排水通道使处理失败。施打后将施工中形成的坑凹填平,填坑时将排水板扶正,将排水板端头向路线外侧压倒平贴于砂垫层上并用砂覆盖。

### 4 沉降观测

本段软基共设沉降盘 31 个、测斜管 6 根、位移边桩 48 根以及孔隙水压计 4 个。在填土较为集中的时段当中,每天对各沉降设施观测一次,并详细记录数据,将当日数据与以往数据进行比照计算,绘出沉降曲线,以及时掌握沉降的真实情况。在填土(预压)施工基本到位以后,根据实际沉降情况,当沉降值变化较为平缓时,将观测频率逐渐变为 2~3 日观测一次,直至一周一次。经过一段时间预压以后,若连续 3 个月实测沉降速率每月 < 8mm 时,便可认为路基趋于稳定,可以卸载进行下步路面施工。

沉降观测时应注意的是水准点的布设及转置桥上水准点。水准点选在垂直于路基中心线 50m 外的距离,土质坚硬便于长期保存和使用的地点,并埋设混凝土水准标石,以便在路堤施工时进行沉降观测。随着路堤升至一定高度时,这些地面水准点的观测就不太方便了。因此,当桥梁工程结束时,为减少沉降观测由地面水准点传递到路面的高差影响,将水准点转设到有灌注桩的耳墙桥角上。耳墙桥角水准点必须钻孔埋设球状顶面的水准标头,各桥上水准点组成水准线路,求得正确高程后,再使用。为提高沉降观测精度,按如下要求进行操作:每期观测做到四个固定:固定观测人员、固定仪器及水准尺、固定后视尺读数、固定测站及转点。观测时携带尺垫,不得用砖石或不设尺垫作为转点。一测站观测高差用红、黑面读数。每次观测结束后,及时填写沉降观测记录表。

### 5 结束语

对长区段大面积的软土地基进行处理时,不能局限于一种方法,而是要认真分析各段落的具体地质条件及该段落上结构物的类型(如桥、涵、通道等),然后制定相应的施工方案:对软土层较厚、荷载又较大的路段,则打设塑料排水板,以增加垂直向排水通道,加快固结速度;对淤泥质呈流塑状的沟河、池塘段采用打设砂桩的方法,增加淤泥层的排水途径,缩短排水距离,从而加快淤泥层的固结速率(或沉降速率);在桥头路段为解决桥头跳车的质量通病,采用水泥粉煤灰碎石桩进行处理。尤其要注意的是:先施工水泥粉煤灰碎石桩,后施工桥台钻孔桩,否则,将导致桥台钻孔桩位移。

#### 参考文献:

- [1] 公路软土地基路堤设计与施工技术规范(JTJ017-96)[R].
- [2] 刘家豪,杨高升,等.塑料排水板法加固软基工程实例[M].人民交通出版社,1999,10.