

# 杭甬高速公路拓宽工程软基处理

## ——PTC 桩与塑料排水板

三航五公司 吴操亮

[关键词] 高速公路拓宽 软基处理 PTC 管桩 塑料排水板

### 1 工程概述

杭甬高速公路拓宽工程的一期工程全长 43.8km(杭甬 K16+880~K60+600),分 3 个合同段,其中中港三航局承包的第二合同段地处杭州湾南岸,全程的地质构造框架主要为华夏系,其走向为北东方向,其次为东西方向构造及北东华夏系构造。地层表部为 1.9~3.0m 厚的灰黄色软塑粉质粘土,中部为 30~40m 厚的灰色流塑状淤泥质粉质粘土,局部夹粉砂层,下部为 10~20m 厚的灰色软~流塑状粘土,底部为中密砂,局部为灰绿色软偏硬塑状粘土。

拓宽工程的软基主要采用两种处理方式:PTC 路堤管桩与塑料排水板。PTC 管桩的作用主要是挤淤承重;塑料排水板的主要作用为排水固结。PTC 管桩主要用于桥梁结构物的两侧,全线段共 25000 根,500000 延 m。其它路段均采用塑料排水板处理,共用 110000 根,2500000 延 m。为了防止不均匀沉降,管桩处理路段与塑料排水板处理路段都在地面以上摊铺土工格栅。而塑料排水板则在原地面铺设 50cm 厚的砂砾垫层以利于塑料排水板的排水固结。同时为了塑料排水板路段稳定沉降,设计还结合了 20 个月的等载预压。

1.1 管桩根据处理的深度不同,长度 25m 以上采用  $\varnothing 400\text{mm}$ 、25m 以下采用  $\varnothing 300\text{mm}$  管桩,具体力学指标见表 1。

1.2 塑料排水板全部采用粘合型测深式塑料排水板,深度大于 15m 的采用厚度为 4.5mm、纵向通水量大于  $65\text{cm}^3/\text{s}$ ;深度小于 15m 的采用厚度为 4.0mm、纵向通水量大于  $50\text{cm}^3/\text{s}$ 。

表 1 管桩力学指标表

参数	$\varnothing 300\text{mm}$	$\varnothing 400\text{mm}$
抗裂弯矩(kN·m)	19	25
极限弯矩(kN·m)	32	55
轴压力设计值(kN)	700	1100
轴压力标准值(kN)	1000	1600

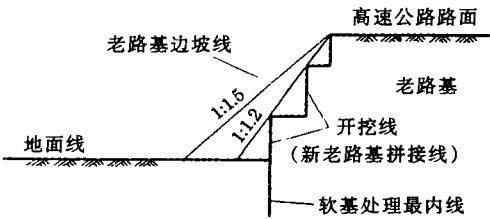


图 1 软基处理老路基开挖线

### 2 施工准备

原路基边沟回填完成后,测量组按设计要求放出 1:1.2 坡的坡脚线与第一个垂直台阶的开挖线,开挖第一个台阶并按规范要求处理。为了加强新老路基的搭接,台阶的宽度不小于 1.0m,高度不大于 0.8m,并设置 4% 向老路基的倾斜坡度(见图 1、图 2)。为了确保拼宽路基工程对老路基的影响,台阶最好用人工开挖;在现场施工之前,所有的软基处理施工人员必须详细地熟悉设计图纸,并且根据设计图纸进行有关的前期准备工作。

### 3 管桩施工

管桩施工的基本程序为:平整场地→桩  
港工技术与管理 2002 年第 6 期

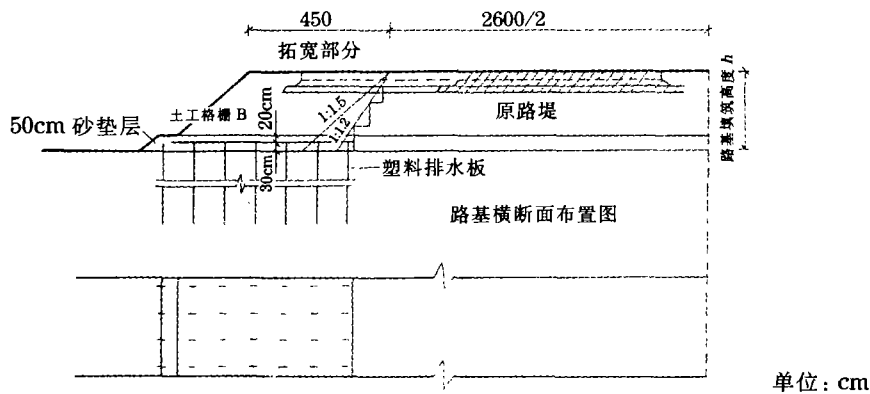


图2 路基断面、塑料排板平面布置示意图

机就位→吊装管桩→试打→快速沉桩接桩→试打→快速沉桩→机具移位→施工桩帽。

3.1 沉桩顺序为先内后外，先大后小。施工前应在桩上标出桩深控制线，确保桩基的施工深度。

施工中必须确保第一节桩的施工质量，因为第一节桩对整根桩的垂直度、桩顶偏位等产生很大影响。压锤应控制，防止溜桩，在沉桩过程中应随时监测桩的垂直度，必要时根据监测结果调整桩的垂直度。压锤结束后开始锤击沉桩。刚开始时，用较小的能量，当桩正常贯入时，加大锤能量，快速沉桩。停锤标准采用能量和贯入度双控。

3.2 当桩顶沉到离地面 0.8~1.0m 时，停止沉桩，准备接桩，接桩的焊缝必须饱满，上下节桩的中心偏位必须在 2mm 以内。为了确保桩接头质量符合设计要求，焊缝必须饱满，焊渣必须清理干净。

接完桩后，用最低能量轻敲桩头，待桩正常贯入后，加大能量，快速沉桩，重复上面步骤，直到最后一节桩，控制好桩的深度。沉桩的垂直度必须保证，施工过程中应做详细的记录，确保桩是根据事先标好的控制线沉设到位。每根桩应一次连续沉至设计标高，接桩时间不宜过长，整桩沉设时间应控制在 24h 以内。

4 塑料排水板施工

塑料排水板施工基本程序为：原地面处理→摊铺下层砂砾→机具就位→塑料排水板穿桩靴→焊接铜丝→插入套管→插到设计深度→拔出套管→割断塑料排水板→下一根塑料排水板施工(或测深)→铺设上层砂垫层。

4.1 塑料排水板打设采用履带式插板机，其有格构式导杆和支架、底盘及行走机构，相应配备 25kN 振动锤组成。机械就位后，首先进行插板机导杆调直，并进行行走调试，然后进行预插成孔测试，检查机械是否正常。

塑料排水板施工时，先将排水板中的 2 根金属丝焊接起来，使其充分接触，形成回路，然后将排水板带穿入板槽，端部的 2 根金属丝导线用专用的焊机焊接起来。底部用固定销固定，对准桩位，将插板压入土层，在稳定后，开启振动锤将插板槽打至设计深度，然后上拔插板槽，固定销自动脱落，排水板就留在土层中。当插板槽拔出地面后，剪断排水板，要求排水板带外伸长度不小于 20cm。焊接金属丝用仪器测试排水板插入深度，并记录在案。

4.2 在塑料排水板打设完成后，将伸出板带头弯入砂砾中，再次对表面进行整平，然后铺设土工格栅，再铺设 20cm 厚上层砂砾，用压路机碾压密实，检测合格后，进行上部路

基填筑。

## 5 管桩及塑排的附属工程施工

路堤施工完毕后,对桩顶进行开挖, $\phi 300\text{mm}$  桩的桩帽为  $0.9\text{m}\times 0.9\text{m}$ , $\phi 400\text{mm}$  桩的桩帽为  $1.0\text{m}\times 1.0\text{m}$ 。基底及四周夯实,放入钢筋网片,浇筑混凝土至宕渣顶面。待混凝土强度达到设计值的 90%,在其上面按要求铺设 20cm 厚宕渣,压实整平,铺设 A 型土工格栅。

A 型土工格栅的施工质量必须符合《技术规范》要求。A 型土工格栅在延伸率为 10% 时纵向抗拉强度  $\geq 100\text{kN/m}$ , 横向抗拉强度  $\geq 120\text{kN/m}$ 。

根据设计要求,塑料排水板上铺设 5035 型的土工格栅,但因厂方不能提供门幅为 7.0m 的格栅。因此采用 5.0m 和 2.15m 的两种幅度拼接,接缝根据合同技术规范,要求搭接 150mm 以上,并采用等强度的尼龙绳“之”形等强度连接,并对拼接尼龙绳进行了测试,保证拼接强度。

## 6 施工中遇到的问题及采取的措施

### 6.1 管桩施工中的问题及对策

#### 6.1.1 管桩施工的垂直度问题

管桩施工过程中的垂直度是比较难控制的问题之一,由于管桩是分节预制、现场拼装的,施工过程中要求桩架平衡,桩身垂直,桩插入时桩的垂直度不得超过 0.5%。施工过程中,在距桩机 15~25m 处及其  $90^\circ$  方向上各设置经纬仪 1 台,测定导杆和桩身的垂直度。施工时桩身、桩帽、送桩及桩锤要求在一条垂直的中心线上,且及时检查并适时更换桩锤和桩帽与桩之间的弹性衬垫。沉桩时每根桩应一次连续沉至设计标高,中间停歇时间不宜过长。

#### 6.1.2 管桩的焊接问题

管桩焊接的好坏直接影响管桩的使用效果。管桩焊接时,焊接的钢板应保持清洁。接

桩时,须用定位板将上下桩对直;上下桩出现的间隙应用厚薄适当的三角形铁片填充并焊牢;上下节桩的中心偏差不得大于 5mm,节点弯曲矢高不得大于 0.1%,焊接时应采取适当措施减少焊接变形;焊缝要求连续饱满(满足三级焊缝要求)。焊接后,应清除焊渣并检查焊缝的饱满程度。沉桩过程中如果遇到比较困难的沉桩地层时,应等桩尖穿过该地层后方可进行接桩。

### 6.2 塑料排水板施工中的问题及对策

#### 6.2.1 塑料排水板插设困难

塑料排水板施工,经过一段时间摸索,基本形成了一套完整有效的施工工艺,施工速度最快的可达每天 100 根左右。在塑料排水板施工过程中,首先遇到的问题是近路基的排水板沉设困难,一般需要 7~8min。

另外,由于插板槽比较长,在强力振动下侧向弯曲比较大,发生了振动锤接口震裂现象、外层复合膜损坏以及测深导线断裂等问题。

针对这些问题,我们分析认为:因原路基打过塑料排水板,经过荷载作用和长期固结,下部软土地基已达到了一定的加固。对此,我们改用二次成孔工艺:先用 15~18m 的钢管插孔,然后换上板槽打设塑料排水板,这样,虽然工艺上比较复杂,但解决了打设困难的问题,同时也提高了插板质量,安全上也较有保障。

#### 6.2.2 塑料排水板的回带问题

在塑料排水板的前期打设过程中出现过回带现象,有的甚至整根拔出。针对这一问题,我们分析主要是插板槽在高频振动下,固定销变形,孔口得不到有效封闭,泥土进入插板槽造成固定销打不开所致。对此,采取在插板槽中灌水,促使固定销打开,这样塑料排水板回带就大大减少了。同时对固定销进行改进,增加其刚度,减少变形。另外一种办法就是预制一种混凝土桩靴,当塑料排水板插设到位后,拔出插杆,桩靴就不再回带出来。

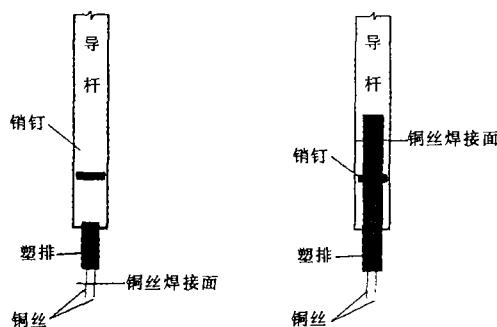


图3 铜丝焊接位置改进示意图

6.2.3 塑料排水板的测深问题

在施工前期,塑料排水板打完后,测深往往测不出来,经观察主要是在高频振动下,排水板在插板槽孔口处断裂。在采取了二次成孔措施后,这一问题得到较大的缓解。但仍有10%~15%左右的排水板在测深方面存在问题,主要有两种情况:一种是测不出深度;第二种是测深数据不稳定。对此,我们会同排水板生产厂进行了专题研究。在施工现场用万能表对插入土的板槽进行跟踪检测电阻,主要发现存在以下几个问题:

(1) 在沉设过程中发生测导线断裂,原因是进板槽口比较毛糙,局部卡排,另外在外界力比较大的情况下,发生绕曲,测深导线损坏。

(2) 底部电阻接头焊接不牢固,或焊接后电阻过大。

(3) 测深的夹具松紧不一致,导致电阻值相差太大,测深结果不正确。

针对这些问题,我们在施工中加强了控制:改造进排槽口,减少阻力。在风力较大情况下停止施工,一方面保证安全,另一方面确

保质量。对测深结果不正确的,除了加强现场管理外,还加强对操作工人技能培训。对于塑料排水板测深问题,我们提出了改变焊接位置的工艺(见图3),改进后避免了塑料排水板中的铜丝承重,结果塑料排水板的测深问题得到圆满的解决,测深合格比率达到95%以上(业主要求塑料排水板合格的测深率大于80%)。

6.2.4 处于高压线下塑料排水板处理问题

由于塑料排水板插板机高达30m,而高压线只有15~20m高,而通过施工期停电来处理又比较困难。业主和设计单位曾提出采用斜打,但根据目前机械状况和场地情况,斜打只能采用门架式插板机,但根据现场操作来看,效果不是很好;另外,我们还尝试用双套筒来插,但这种办法缺点是:施工速度太慢,劳动强度及投入大,且效果不好。所以我们采用了超载预压来解决。

7 软基处理效果评价

根据浙江省交通厅质量检查站抽查结果:PTC管桩的垂直度、施工深度及承载力等各项指标合格率达到100%,优良率为82%;塑料排水板的测深、出水等指标的合格率为100%,优良率为87%。根据设计单位提供的施工期间的拓宽路基沉降数据表明,本工程的软基加固施工的质量较好,水平沉降小于5mm/d,垂直方向的位移也小于3mm/d,所有的沉降观测资料完全符合设计要求。由于目前沉降的预压期还没有结束,设计单位还将对本工程的软基处理效果进行进一步的观测。根据设计单位分析,本工程的软基处理已经初步取得了成功,比预期的效果好得多。