

# 强夯处理城市道路杂填土路基实践

刘建华

(洛阳市城市建设勘察设计院, 河南 洛阳 471000)

**摘要:**城市建设经常会遇到杂填土地基,修建城市道路如将杂填土全部置换,要花费清运杂填土和外购回填土的费用,同时会带来环境污染(堆放杂填土)和破坏生态环境(挖山取土)等问题。为此,结合洛阳市牡丹大道路基使用强夯处理的实例,简要介绍强夯处理杂填土路基的方法。

**关键词:**道路路基;杂填土;强夯处理

**中图分类号:**TU472.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)02-0069-03

## 1 工程概况

洛阳市牡丹大道位于洛阳新区,是新区东西向一条城市景观大道,长3188 m。红线总宽130 m,道路布置为上下车道,中间为50 m绿地及水系,向外依次为11.5 m机动车道、3 m机非隔离绿化带、5.5 m非机动车道、5 m人行道、15 m基础绿化带。道路沿线原为城市郊区农田和村庄,遗留很多砖厂废弃的取土坑,许多被用作垃圾堆放场。本文介绍的就是其中最大的一个,沿道路方向长160 m,宽196 m。130 m宽的道路全幅从中穿过。坑深平均11 m,取土废弃后挖取砂砾石,后向内倾倒入大量建筑垃圾。2004年我院进行道路设计时对其进行了实地勘测,建筑垃圾填筑厚度6~7 m,约7万m<sup>3</sup>,未经碾压、松散、极不稳定,不能直接用作道路路基。

为此我们对处理方案进行了比选:(1)将建筑垃圾清除外运,置换好土回填,分层碾压施工,这样做质量容易控制,但需支付垃圾外运及购土费用;(2)采用震动压路机分层碾压,需将松填的建筑垃圾倒运再碾压,因受场地限制,部分垃圾需倒至坑外,实施较困难;(3)采用重力强夯处理,技术上比较成熟,机械设备和施工工艺简单,新区正在建设中,场地500 m范围内没有居民区和村庄,适合强夯作业。

经过方案比选,认为强夯方案可充分利用建筑垃圾,避免垃圾外运和购土,减少投资;不必进行倒运,平整后直接夯实,施工周期短并可节约投资;强夯在地基处理中应用广泛,当地有专业的基础公司,施工质量和机械有保障。该段路基决定采用强夯法处理。

## 2 施工方法及步骤

强夯法处理地基又称动力固结法,是将重型夯锤从高处自由落下,在强大的能量作用下使原本比较松散的地基快速压缩,土层空隙减少,人为加速其固结的过程。

### 2.1 设备的选择

首先要根据加固深度确定强夯的单击夯击能,为锤重与落距的乘积,与加固深度之间可按下列公式估算:

$$H = \alpha \sqrt{M \cdot h}$$

式中:  $H$ ——有效加固深度(m)

$M$ ——夯锤重(t)

$h$ ——落距(m)

$\alpha$ ——系数,须根据所处理地基土的性质而定,

对软土取0.5,对黄土取0.34~0.5。

设计加固深度8 m,按上述公式计算,单击夯击能定为3000 kN·m,选用20 t(200 kN)的夯锤,落距15 m。夯锤为直径2.5 m、高1.7 m的圆柱形,采用钢板焊制,中间设置加强肋,夯锤中间设置4个直径20 cm上下贯通的通气孔,其作用有两个:一是可减少夯锤着地前的瞬时气垫上托力,二是可减少起吊夯锤时的吸力。

起重机采用20 t履带起重机,吊臂上安装门字支架,20 t起重机是在吊臂仰起最大角度时而不倾覆的起重重量,卷扬机安装滑轮组起重力量大于标称重量,采用门字支架后可很容易吊起20 t的夯锤。吊钩上安装有自动脱钩器,夯锤提升到预定的高度后自动脱钩器工作,夯锤自由落下。

### 2.2 强夯施工技术参数的确定

虽然强夯法已在地基处理中广泛应用,但由于其处理地基的多样性和工作机理的复杂性,目前仍

收稿日期:2006-01-16

作者简介:刘建华(1959-),男,河南夏邑人,工程师,副院长,从事市政工程设计与管理。

然没有形成一套成熟的设计理论和计算方法。因此,在施工前一般在现场选取具有代表性的试验区。我们选择两个不同的区域分别进行试验,试验区为 $20\text{ m}\times 20\text{ m}$ 。每遍每夯点的夯击击数应按现场试夯得到的夯击击数和夯沉量关系曲线确定,且应同时满足下列条件:最后两击的夯沉量不宜大于 $50\text{ mm}$ ;夯坑周围地面不应发生过大的隆起;不因夯坑过深而发生起锤困难。总之,夯击点的夯击数,应使土体竖向压缩最大,而侧向位移最小为原则。经试验,两个试验区分别为9击和11击。

### 2.3 强夯施工

由于道路外侧各 $15\text{ m}$ 的基础绿化带,对地基承载力要求不高,因此强夯加固宽度 $130\text{ m}$ ,否则每侧应 $1:1$ 地放坡增加加固宽度。根据试验结果结合以往经验确定夯击遍数为三遍。第一遍点夯,按正三角形布置,间距 $4.3\text{ m}$ ;第二遍在第一遍的中间补夯;第三遍满夯。施工前先将场地简单平整,采用全站仪按设计要求放样,并在第一遍的夯点处用白灰标记。

施工时将起重机移至现场,调整夯锤位置至标记处,用水准仪测量初始锤顶高程,开始夯击,测量每一击的夯沉量,控制最后两击夯沉量不大于 $50\text{ mm}$ 。移动夯锤至另一夯点。大面积施工时只测量初始锤顶高程和最后两击的夯沉量即可,中间各击可不进行水准测量,也可按试验的夯击次数控制,中间进行抽检。该工程第一遍每一点累计夯沉量为 $1.3\sim 1.6\text{ m}$ 。第一遍完成后用推土机将夯坑推平,间歇一段时间后再进行第二遍夯击,间歇时间取决于加固土层中孔隙水压力消散所需要的时间。对地下水位较低,土层含水量较小的砂性土、杂填土等,两遍夯击间的间歇时间很短,亦即可连续夯击。对粘性土,由于孔隙水压力消散较慢,故当夯击能逐渐增加时,孔隙水压力亦相应地叠加,其间歇时间取决于孔隙水压力的消散情况,一般为 $2\sim 3$ 周。该工程大部分为建筑垃圾杂填土,含水量很小,可连续夯击。由于面积较大,采用两台设备同时施工,第一遍完成用时 $7\text{ d}$ ,满足进行第二遍的间歇时间要求。第二遍在第一遍的中间夯击,落距仍为 $15\text{ m}$ 。每一点累计夯沉量为 $1.0\text{ m}$ 左右。第三遍采用 $8\text{ m}$ 的低落距满夯,夯迹重叠 $1/4$ 锤径,不得漏夯。每点夯击 $5$ 次左右即可达到不大于 $50\text{ mm}$ 的要求,累计夯沉量 $0.5\sim 0.6\text{ m}$ 。强夯施工每夯击一遍,使下部土层挤密,累计夯沉也逐渐减小。大面积施工时可以对试验区的单点夯击数控制,也可以最后量击的夯沉

量控制。为保证质量和收集资料,该工程对全部夯点均作测量,以最后两击夯沉量不大于 $50\text{ mm}$ 控制,单点夯击次数基本与试验区吻合。

经过三遍夯击后,场地平均夯沉量 $1\text{ m}$ ,至道路路床还有 $4\text{ m}$ 左右,先用震动压路机对表层碾压后,再采用素土分层回填。除污水管道进入杂填土层,其余管道均在素土回填层,便于管道施工。

### 2.4 高含水量土层的强夯置换

施工中遇到一处建筑垃圾相对较少,土层含水量较大,夯击时出现提夯困难现象,甚至门字架下沉,施工时在门字架的支脚下垫方木扩大受力面积。强夯置换法是采用在夯坑内回填块石、碎石等粗颗粒材料,用夯锤夯击将粗颗粒材料夯入软土中,形成强夯置换墩。该工程是在夯点处用建筑垃圾置换软土,建筑垃圾被挤入土中形成置换墩,置换的量可根据现场实际情况确定,以达到最后两击夯沉量不大于 $50\text{ mm}$ 为原则。第一遍进行置换处理后,第二遍一般可以正常夯击。

## 3 施工质量控制和检测

强夯法施工首先应严格控制强夯等级,采用自动脱钩器可有效地控制;其次是控制最后两击的夯沉量不大于 $50\text{ mm}$ ;再次是控制夯点的位置,夯锤中心与夯点的误差不应大于 $150\text{ mm}$ 。如夯锤出现倾斜,应及时向夯坑内补填平整。施工中配备专职测量人员和质检人员对夯击次数、累计夯沉量和最后两击夯沉量等指标进行监控并做好记录。施工结束 $7\text{ d}$ 后,对整个场地进行质量检测,采用压实度和动力触探试验。

压实度采用灌砂法检验,设计要求压实度 $\geq 90\%$ ,全区共检 $58$ 点,最低的 $92.1\%$ ,平均 $96.4\%$ ,满足设计要求。道路设计对地基承载力没有具体要求,动力触探检测只是对处理前后的承载能力的提高程度作比较。由于处理的土体为建筑垃圾杂填土,轻便触探( $N_{10}$ )无法击进,故采用重型( $N_{63.5}$ )触探检测。全区共检测 $6$ 点,检测深度 $7\text{ m}$ ,强夯处理前标准贯入平均 $5.6$ 击,处理后标准贯入平均 $12.8$ 击,地基承载力由处理前的 $90\text{ kPa}$ 左右,提高到 $200\text{ kPa}$ 左右。说明强夯处理杂填土地基的效果是非常好的。

## 4 结束语

强夯法适用于处理碎石土、砂土、低饱和度的粉土与粘性土、湿陷性黄土、素填土和杂填土等地基。

# SBS 改性沥青路面的施工工艺与质量控制

杨小院<sup>1</sup>, 郑鸿英<sup>2</sup>, 李建华<sup>2</sup>

(1. 长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064; 2. 上饶路桥工程总公司, 江西 上饶 334000)

**摘 要:**结合江西省乐温高速公路建设的实践,对乐温高速 BP2 标段上面层 SBS 改性沥青路面的施工工艺与质量控制进行了介绍。科学的施工工艺与质量控制是该工程成功铺筑的关键。

**关键词:**SBS 改性沥青路面; 施工工艺; 质量控制; 江西省

**中图分类号:**U416.217 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)02-0071-03

## 1 工程概况

江西省乐温高速公路起于新建县乐化镇昌北机场高速公路与昌九高速公路交汇处,止于进贤县温家圳墨溪陈家枢纽互通立交,与沪瑞及京福高速公路相连。6 车道 11 个互通,全长 71.6 km,设计行车时速 100 km/h,工程总投资 39 亿元,于 2005 年年底前建成通车。其中上面层采用 4 cm SBS 改性沥青 (I-D)AK 13 A。

## 2 材料质量控制

沥青采用南昌路安特公司的成品 SBS 改性沥青,基质沥青为新加坡壳牌 70 # 重交沥青,碎石采用南昌乐化枫岭石料场的辉绿岩片石,机制砂采用进贤池溪石料场的石灰岩,水泥采用江西丰牌 325 普通硅酸盐水泥,矿粉采用江西万年料场生产的矿粉,抗剥落剂采用上海同路材料科技有限公司生产的 TJ-066 型抗剥落剂,掺量为沥青用量的 0.3%。粗集料选用反击式破碎机轧制的碎石,严格控制细长扁平颗粒含量,以确保粗集料的质量。采用石灰岩碱性石料经磨细得到的矿粉。矿粉必须干燥、清洁,每 50 t 检验一次。拌和机回收的粉料全部弃掉,以确保沥青面层的质量。在进料过程中必须注意粗细集料和填料的质量,不合格的矿料不准

进厂,对不同料场、批次的材料应进行筛析验收。堆放矿料的地坪必须硬化,并具有良好的排水系统,不同规格的集料应分开堆放。集料宜采取分层堆放的方法,以防止集料离析。细集料及矿粉宜覆盖,细料潮湿将影响喂料数量和拌和机产量。

## 3 施工工艺与质量控制

### 3.1 施工前的准备

铺筑上面层前应应对中面层进行检查,有严重离析、松散、裂缝等情况应按规定进行处理。灰尘应冲洗干净,风干后均匀喷洒粘层油,喷洒后应进行交通管制。施工前应将机械设备安装调试到位并试机,试验设备应标定,主要机械设备如表 1 所示:

表 1 主要机械设备

机械设备名称	型号	台数	主要性能与参数	产地
间歇式沥青拌合机	林泰阁	1	≥240 t/h	德国
摊铺机	ABG 423	3		德国
	BW 161ADH-2	1	8 t	德国
双钢轮压路机	DYNAPAC-CC 522	1	12 t	天津
	三一重工 YZC-12	1	12.5 t	长沙
	LRS 2030	1	26 t	洛阳
胶轮压路机	徐工 XP 260	1	26 t	徐州
	三明 YL 26	1	26 t	三明
自卸汽车	15 t 以上	24	—	—

### 3.2 各种参数的确定

试验段宜选在主线直线段,并铺筑不小于 200 m 试验段,确定各种参数:拌和机的上料速度、拌和数量与拌和时间、拌和温度。决定正式生产用的矿料配合比和油石比,摊铺温度,摊铺速度,初步振捣

可以减少购土回填所造成的对自然环境的破坏,具有很好的社会效益,又可以为工程节省投资。该工程处理面积 2.1 万 m<sup>2</sup>,单价为 47 元/m<sup>2</sup>,处理费用不足 100 万元,如采用全部置换处理,费用约 500 万元,节约造价 400 万元左右,经济效益是显著的。

收稿日期:2005-09-02

作者简介:杨小院(1975-),男,陕西西安人,硕士,从事沥青路面面层的设计与施工工艺研究工作。

在洛阳,对建筑工程地基处理应用较多,用于城市道路还是第一次。通过牡丹大道采用强夯法处理建筑垃圾杂填土的实践,总结出大面积、大深度杂填土采用强夯法处理是行之有效的,既可以解决大规模城市建设所产生的建筑垃圾带来的环境污染问题,也