

DOI: 10.16799/j.cnki.esdqyfh.250030

素土挤密桩在兰州新区市政道路中的应用

王 平, 魏 炜

(中国市政工程西北设计研究院有限公司, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 兰州新区所在区域湿陷性黄土分布较广, 在针对城市道路湿陷性黄土路段路基设计过程中, 利用素土挤密桩处理技术, 可以提升路基的承载能力和强度, 消除湿陷性及路基不均匀沉降, 减小对道路周边建筑物、构筑物的影响。以兰州新区纬六东路路基设计为主线, 对素土挤密桩处理湿陷性黄土路基的方法进行了总结分析, 尤其从施工准备、施工技术要点及素土挤密桩对于地基处理的适用条件、优缺点等进行了论述, 可为类似城市道路工程设计提供一定的参考。
关键词: 兰州新区; 湿陷性黄土; 路基; 素土挤密桩
中图分类号: U416.1 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2025)08-0386-04

Application of Plain Soil Compacted Piles in Municipal Roads in Lanzhou New District

WANG Ping, WEI Wei

(China Municipal Engineering Northwest Design Institute Co., Ltd., Lanzhou 730000, China)

Abstract: The collapsible loess is widely distributed in the area where Lanzhou New Area is located. In the process of roadbed design for collapsible loess sections of urban roads, the application of the plain soil compacted pile treatment technology can enhance the bearing capacity and strength of the roadbed, eliminate the collapsibility and uneven settlement of the roadbed and reduce the impact on buildings and structures around the road. Taking the roadbed design of East Weiliu Road in Lanzhou New Area as the main line, the method of plain soil compacted pile to treat the collapsible loess roadbed is summarized and analyzed. The construction preparation, construction technical essentials, and the applicable conditions, advantages and disadvantages of plain soil compacted pile for the foundation treatment are especially discussed, which can provide certain references for the design of similar urban road projects.
Keywords: Lanzhou New District; collapsible loess; roadbed; plain soil compacted pile

0 引 言

兰州新区科教园区是以科研教育为主的创智核心区, 建成后将成为兰州新区引领产业升级转型的重要核心平台。由于目前园区内由于市政基础设施建设进度缓慢, 对该区域的企业入驻制约较大。纬六东路作为园区路网的重要组成部分, 它的建成通车对加快科教园区的建设至关重要。

1 工程概况

纬六东路位于兰州新区科教园区, 项目西起科西路, 终点与崆峒山路相交, 道路等级为城市次干

路, 道路红线宽度 30 m, 两侧景观绿化带宽度各 10 m, 总宽度 50 m, 设计车速 40 km/h, 双向 4 车道, 道路全长 999.978 m, 路面采用沥青混凝土路面, 建设内容包括道路、雨水、污水、中水、照明、交通及附属设施。项目区位示意图 1。

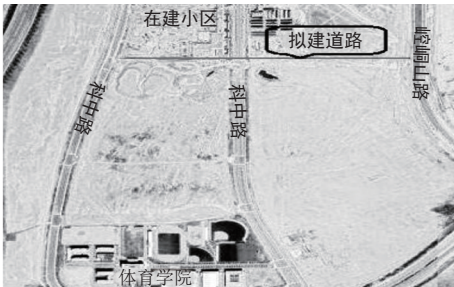


图 1 项目区位示意图

横断面组成: 10.0 m(绿化带)+3.0 m(预留用地)+3.0 m(人行道)+18 m(车行道)+3.0 m(人行道)+3.0 m(预留用地)+10.0 m(绿化带)=50.0 m。

收稿日期: 2025-01-09
作者简介: 王平(1985—), 男, 学士, 高级工程师, 从事道路交通设计研究工作。

2 主要技术标准

- (1)道路等级:城市次干路^[1]。
- (2)设计速度:40 km/h。
- (3)路面设计荷载:BZZ-100。
- (4)交通量达到饱和状态设计年限:15 a。
- (5)路面结构设计使用年限:15 a。
- (6)停车视距:40 m。
- (7)最小净高:机动车道:4.5 m,非机动车道、人行道:2.5 m^[2]。
- (8)冻土深度:114 cm。
- (9)交通设施等级:C 级。
- (10)抗震设防烈度:7 度,地震动峰值加速度:0.15g,设计地震第三组。
- (11)路基顶面设计回弹模量:不小于 20 MPa。

3 建设条件

3.1 项目场地现状

拟建工程场地原始地貌单元属黄土梁峁、沟谷与川地过渡地段,原始场地东侧和西侧为黄土梁峁地形,中间为川地。场地已进行人工挖填及整平填挖改造,填方区填土厚度 3.2 ~ 19.0 m 不等,填方时间为近几年内,填土固结未完成。场地内范围内人为活动较频繁,未见滑坡、崩塌、泥石流等不良地质作用发生。

3.2 拟建道路现状

本次拟建道路起点位于科西路,终点与崆峒山路相交,其中 K0+460~K0+860 段北侧为在建瑞岭嘉园小区(见图 2),另根据现场实际情况,K0+860~K0+999.978 路段北侧道路红线外已预埋 5 m×5 m 雨水中通道箱涵(见图 3)。



图2 在建瑞岭嘉园小区

3.3 地质情况分析

根据场地湿陷量计算结果^[3],拟建场地表层分布的①层素填土、②层黄土状粉土具有湿陷性。湿陷系数介于 0.017 ~ 0.143 之间,具有轻微~强烈湿陷



图3 雨水中通道箱涵

性;自重湿陷系数介于 0.015 ~ 0.132 之间,湿陷类型为自重湿陷,湿陷下限深度介于 10.5 ~ 16.5 m,其中 K0+460~K0+999.978 段素填土厚度较大,湿陷等级为Ⅳ级(很严重),大部分素填土松散、压实度达不到 85%。为避免由于对湿陷性素填土处理不彻底导致后期道路病害,需要根据道路填挖情况、素填土厚度、素填土固结程度综合考虑处理深度,保证道路路基稳定^[4]。

4 Ⅳ级湿陷性路段处理方案比选

由于该段素填土堆积时间较长,下部素土固结沉降基本完成,现根据素填土地基的特征及处理深度,本次设计采用素土挤密桩与强夯^[5]进行比选,具体比选内容见表 1。

表1 方案比选表

方案	素土挤密桩	强夯
优点	1. 处理深度大,能够消除处理深度内的湿陷性 2. 运营后期道路病害少,对周边环境扰动小	1. 施工简单,施工进度快 2. 加固效果明显,能够显著提高地基承载力
缺点	1. 桩体的质量和承载力受施工工艺和材料质量的影响较大 2. 超挖工程量小,投资较低	1. 对北侧雨水中通道及在建小区存在扰动,施工不当容易造成雨水中通道箱涵破坏 2. 处理深度有限,不能完全消除处理深度内的湿陷性 3. 夯前需超挖 3 m 土方,工程投资较高

4.1 素土挤密桩(方案一)

对素填土路基采用素土挤密桩^[6]进行处理。该方案对路床超挖 80 cm,开挖断面进行挤密桩处理。挤密桩处理范围包含 3 m 预留用地,上路床加铺 30 cm 天然砂砾,天然砂砾换填范围为车行道外侧 0.5 m;下路床处理后回填 50 cm6% 原土掺灰,进行碾压,压实度不小于 93%。素土挤密桩桩径为 0.4 m,桩中心间距为 0.9 m,路基处理设计见图 4。根据地勘报告,该段素填土堆积时间较长,下部素土固结沉降基本完成,综合考虑处理素填土处理深度为 12 m。

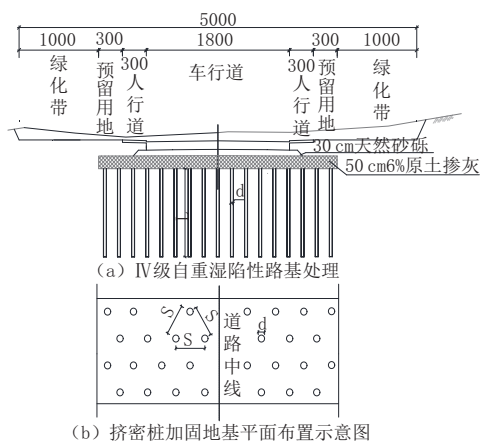


图4 路基处理设计图(单位:cm)

4.2 强夯(方案二)

对素填土路基采用强夯措施,由于强夯能级太大容易对北侧雨水中通道及在建小区产生扰动、强夯能级太小达不到处理深度,最终确定强夯前对路床超挖3 m,超挖完成后对基底进行强夯,强夯采用5 000 kN·m夯击能,点夯两遍,满夯一遍,满夯夯击能采用2 000 kN·m,处理深度为起夯面以下7 m,强夯范围为包含3 m预留用地,停夯后回填素土至下路床顶面设计标高。施工时在需要减振的方向开挖深度不小于2 m的减振沟,并应使建筑物的地表水平振动速度峰值不大于2 cm/s。

4.3 比选结论

由于素土挤密桩处理深度大,能够更好地消除处理深度内的湿陷性,对周边建、构筑物扰动较小,结合兰州新区已建道路病害主要为路基沉降导致路面病害,故综合考虑本次K0+460~K0+99.978段路基采用方案一素土挤密桩进行处理,确保路基稳定、消除运营期道路病害。

5 设计要求

(1)桩长:桩长根据填挖情况、素填土厚度、受水浸湿的可能性、湿陷等级、湿陷后危害程度和修复的难易程度等确定。

(2)路基的处理宽度30 m,包括车行道、人行道及预留用地范围。

(3)处理要求:处理后设计处理深度范围内桩间土的平均挤密系数不应小于0.93,湿陷系数应小于0.015,桩身填料的压实系数不宜小于0.97。

(4)挤密桩施工前对场地平整至路床顶面标高,施工完成后对桩顶预留松动土层0.5 m挖除,桩顶路床填筑0.5 m厚6%原土掺灰。

(5)布置形式、桩孔直径及桩间距:采用正三角

形布置,直径为0.4 m,桩中心间距0.9 m。

(6)孔内填料采用素土,素土挤密桩桩孔内所填土料宜采用塑性指数7~15的黏质土,土料中有机质含量不应超过5%,亦不应夹有砖块、瓦砾和石块,土粒径不应大于15 mm,不应使用粗颗粒填料。填料应分层回填夯实,压实系数不宜小于0.97。

(7)当地基土的含水率低于12%时,应对处理范围内的土层预浸水增湿措施。

6 主要施工要求

6.1 施工准备

(1)清除地表植物根系,平整场地,清除障碍物。对于流向路基作业区的水源应在施工^[7]前予以截断,并结合永久排水设施设置临时排水沟,保证施工期间的排水。

(2)施工前应应对施工影响范围内的管线等进行调查核实和迁改,对没有迁改而施工中有可能会对其造成影响的管线,必须注意加强防护及施工组织,采用切实可行的施工工艺,确保管线安全使用。

(3)施工前应普查地基土的含水量,当土的含水量小于12%或土质坚硬成孔挤密困难时,采取预浸水增湿措施。

(4)施工前应进行成桩工艺和成桩挤密效果试验,通过试验检验成孔质量和挤密效果,确定合理的机械、锤型、锤重、落距、分次填料量和夯击次数。

6.2 主要施工流程

挤密桩施工工序:原地面处理→测量放样→设备就位→机械成孔→孔底夯实或冲击密实→桩体材料分层回填夯实→成桩质量检验。

6.3 施工注意事项

(1)成孔应按设计要求、成孔设备、现场土质和周围环境等情况,选用振动沉管或锤击沉管方法。成孔桩顶设计高程以上预留覆盖土层厚度不宜小于0.8 m。

(2)成孔时地基土应接近最优含水量,孔内土料有机质含量不应大于5%,且不得含有冻土或膨胀土,使用时应过10~20 mm的筛。混合料含水量应满足最优含水量要求,允许偏差为±2%,混合料应拌和均匀。

(3)成孔和孔内回填夯实的施工顺序宜从外向里间隔1~2孔依次进行。

(4)向孔内填料前,孔底应夯实,并抽样检查桩孔直径、深度和垂直度。桩孔的垂直度允许偏差为

$\pm 1\%$,孔中心距允许偏差为桩距的 $\pm 5\%$ 。检验合格后,再向孔内分层填入筛好的填料,并分层夯实至设计标高。

(5)已成的桩孔应防止土块、杂物落入,并防止孔内灌水,所有桩孔应尽快回填夯实。

(6)夯实机就位后应准确稳定,夯锤与桩孔要相互对中,夯锤应能自由下落到孔底。夯实机锤质量当采用沉管法成孔时宜采用0.2 t以上。

(7)按规定的数量和速度分层填料夯实,不得盲目快填,更不容许运料车直接倒料入孔。不得边填料、边夯击施工。

(8)为保证填夯质量,应认真控制并记录每一孔的填料数量和夯实时间,同时按规定抽查一定数量桩孔的夯实质量。

(9)施工过程中应有专人监督成孔及回填夯实的质量,并做好施工记录;如发现地基土质与勘察资料不符,应立即停工,待查明情况后或采取有效措施处理后,方可继续施工。

(10)雨季或冬季施工,应采取防雨或防冻措施,防止填料受雨水淋湿或冻结。加强施工组织,并做好施工人员及财产安全的保护工作。

7 质量检验

(1)挤密桩的质量检验内容包括桩身及桩间土密实度和复合地基承载力等,对湿陷性黄土还应采用取土室内试验或现场浸水载荷试验等方法检测桩间土湿陷系数。

(2)成孔质量检验,包括成孔直径、深度、垂直度、孔底塌落土厚度及缩孔情况等,应在成孔后及时进行,所有桩孔均需检验并做出记录,检验合格或经处理后方可进行夯填施工。

(3)施工单位应及时抽检孔内填料的压实质量,抽检频率应为总孔数的2%,且每个台班不应小于1孔。自桩顶向下0.5 m起,宜每1 m取2个土样测定干密度,计算本层填料的压实度平均值和全桩长的平均压实度。取样点的位置应在距离孔心 $2/3$ 孔半径处。全部桩孔填料施工结束后,应按总孔数的1%且总计不应小于9孔,进行填料的压实质量检测,取样点要求同上。

(4)应进行桩间土挤密效果检测,检测孔数量应为总桩孔数的0.3%,且不应小于3孔;自桩顶高程向

下0.5 m起,在检测孔中宜每1 m取2个土样(桩孔外100 mm处1个、相邻桩中心点1个)测定干密度,计算该层土的挤密系数平均值。桩长大于6 m时,全部深度内取样点不应少于12点(6层),计算全处理厚度内桩间土的平均挤密系数;湿陷系数取样位置应位于相邻3桩形心位置。建议采用钻机取样对桩身质量进行检验,当采用标准贯入、静力触探、动力触探或其他原位测试方法检测桩身压实质量时,应有同条件土工试验进行对比。

(5)当设计对地基承载力有具体要求时,对素土桩应在成桩后7~14 d进行单桩或多桩复合地基载荷试验,确定复合地基承载力特征值。载荷实验检测频率应为总桩数的0.2%~0.5%,且不应小于3处。

8 监测及运营养护

(1)应进行施工监测,厚度较大素填土地段每100 m至少布置一处,施工前应布置地表水平位移桩及地表型沉降计监控设施,监测内容为地表水平位移、地表沉降,应长期监测,确保路基稳定。

(2)应加大大厚度素填土地基的沉降监测和巡检,保证排水设施的完善和畅通,对不均匀沉降产生的裂缝及时填补,早发现早治理。

(3)运营一段时间后,对路基沉降严重路段、路面坑槽明显路段,需定期养护维修。

9 结 语

通过工程实践证明,采用素土挤密桩处理湿陷性黄土,由于夯实和挤压的作用,使桩间土得以挤密,素土桩体也更加密实,从而使岩土物理力学性质得到改善,既消除了湿陷性,又提高了地基承载力,保证了工程的耐久性。随着兰州新区的快速发展,交通量的迅速增加,对道路质量的要求越来越高,素土挤密桩将在后续道路建设中发挥更加重要的作用。

参考文献:

- [1] CJJ 37—2012,城市道路工程设计规范(2016年版)[S].
- [2] CJJ 193—2012,城市道路路线设计规范[S].
- [3] GB50025—2018,湿陷性黄土地区建筑标准[S].
- [4] CJJ 194—2013,城市道路路基设计规范[S].
- [5] JTG/T D31-05—2017,黄土地区公路路基设计与施工技术规范[S].
- [6] JGJ 79—2012,建筑地基处理技术规范[S].
- [7] JTG/T3610—2019,公路路基施工技术规范[S].