

冲击碾压在城市道路湿陷性黄土路基处理中的应用研究

张利德

(甘肃(武威)国际陆港,甘肃 武威 733000)

摘要:为了研究冲击碾压对城市道路湿陷性黄土路基的处理效果,针对甘肃国际陆港中心区道路建设场地湿陷性黄土特点,设计了湿陷性黄土路基冲击碾压处理方案,采用土体沉降量、压实度、湿陷系数、压缩模量等参数表征处理效果,研究不同冲击碾压遍数下路基不同深度范围的土体处理效果。结果表明:冲击碾压能够有效改善湿陷性黄土路基压实度、压缩模量、湿陷性,冲击碾压25遍后深度为80 cm的黄土湿陷性完全消除;冲击碾压对150 cm范围内的湿陷性黄土压实度提高效果显著,冲击碾压对湿陷性黄土的有效处理深度为1.5 m。

关键词:湿陷性黄土;冲击碾压;路基处理;湿陷系数

中图分类号: U416.1

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2020)10-0159-04

0 引言

由于湿陷性黄土内部存在大量孔隙结构,虽然天然状态下压缩性较低,但遇水浸湿后内部孔隙结构破坏、强度散失,造成不均匀沉降。作为道路的重要组成部分,路基直接承担着路面传递的竖向荷载,对道路的使用性能及使用寿命具有重要影响。大量工程实践表明,路面沉陷、严重裂缝、冻胀翻浆等结构性损坏很大程度是由于路基强度及稳定性不足造成^[1-2]。在湿陷性黄土场地上修建道路,为了避免由于黄土路基不均匀沉降造成道路病害发生,采取有效措施消除路基湿陷性、保证路基强度及稳定性是关键。

针对湿陷性黄土路基处理,道路工作者开展了大量室内试验及工程实践^[3],目前常用的处理方法主要有强夯法、挤密桩法、化学加固法、预浸水法等^[4]。强夯适用于面积较大、厚度较深的黄土处理,但对周围建筑物影响较大;挤密桩适用于局部部位深厚黄土的加固,通过复合地基提高路基稳定性;预浸水需要消耗大量水源,不利于短期施工。冲击碾压作为新的碾压方式,通过机械冲击力实土体,从而提高路基压实度。曾繁辉等通过工程实践验证了冲击碾压能够处理Ⅲ级自重、非自重湿陷性黄土;也有学者通过现场试验表明冲击碾压能够消除湿陷性^[5-6]。已有的研究成果及工程实践经验为冲击碾压处理湿陷性黄土路基提供了借

鉴,本文将依托甘肃(武威)国际陆港中心区道路工程建设项目,对冲击碾压处理城市道路湿陷性黄土路基开展研究,通过设计处理方案、分析处理效果,为该地区湿陷性黄土路基处理提供相关设计、施工经验。

1 工程概况

1.1 地形地貌

拟建甘肃(武威)国际陆港中心区道路建设场地项目地处黄土高原、青藏高原和蒙新高原之间,空间开阔、地势平坦。场地受到发源于祁连山冷龙岭北坡的西大河、东大河、西营河在地质历史时期的冲洪积作用,形成了属于河西走廊东段冲洪积平原的地貌类型。场地由西南向东北倾斜,地势北低南高。

1.2 地质构造及地层

拟建场地构造上位于祁连褶皱系中的走廊过渡带,志留纪的祁连运动使祁连海槽隆起,并形成一系列北西西褶皱和冲断层。武威在构造上主要受断裂控制,而褶皱不发育,褶皱主要展布于市境南部,是临区大褶皱构造的延伸或翼部的一部分。主要有车轮沟-毛藏寺复式背斜、旦马向斜,断层主要有武威隐伏断层。

1.3 水文条件

拟建场地气候属于北温带半干旱大陆性季风气候,地水资源贫乏,年平均降水量为159.2 mm。场地干旱少雨,年降水量比较集中,最大日降水量为86.6 mm。地下水位埋深20~50 m,自北向南径

收稿日期:2020-03-26

作者简介:张利德(1986—),男,本科,工程师,从事道路交通工程专业工作。

流,水力坡度 1.1%~1.2%,渗透系数 10~40 m/d,至盆地南部潜水水力坡度逐渐变缓,至泸水井一带水力坡度 0.1%~0.2%。

1.4 湿陷性黄土分布

拟建工程场地表层的黄土状粉土层结构稍密,土质较均匀、孔隙大,该层土在一般常规试验压力下,湿陷系数为 0.023~0.065,湿陷程度为轻微至中等。拟建甘肃(武威)国际陆港中心区道路建设场地湿陷性土层深度一般为 2.2~4.7 m,自重湿陷量计算值 47.25~117.0 mm,湿陷类型总体为自重湿陷性,总湿陷量计算值 81.00~265.65 mm。根据各探井湿陷性计算结果,拟建场地为自重湿陷性场地,实现等级为 II 级。

2 冲击碾压原理及路基处理方案

2.1 冲击碾压原理

冲击碾压主要通过冲击轮在拖动过程中凸轮将重力势能转化为动能,产生强大的冲击力对土体进行冲击挤压,使土体内的空气排除、孔隙率减小、土颗粒挤密,从而改善土的密实度、黏聚力和内摩阻力,提高土的强度及水稳定性^[7]。冲击碾压具有振动碾压、强夯的特点,与普通静压及振动碾压相比,冲击压力波比振动压力波传播更深,因而冲击的压实深度更深、压实效果更好、土体密实度更大^[8]。

2.2 冲击碾压路基处理方案设计

此次试验段选用甘肃(武威)陆港中心区道路经五路 K0+500~K0+800 段,道路等级为主干路。该路段位于填方段,平均填高 2 m,基底主要为黄土状粉土,碾压前先对基底进行清表 30 cm。施工时以道路中线一侧为基准,逆时针方向以中线为施工轴线进行碾压,如图 1 所示。冲击压路机采用 25 kJ 三角形压路机,行驶速度为 10~13 km/h;碾压采用排压法,纵横向轮迹交错,纵向相错 1/6 轴距,横向轴缘相互重叠 20~30 cm。

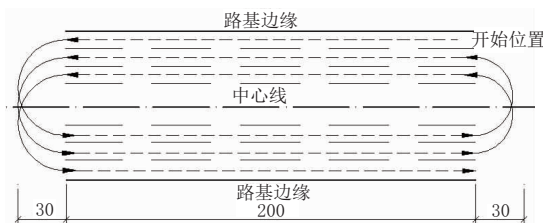


图 1 试验段冲击碾压行走路线(单位:m)

为了表征冲击碾压的处理效果,在施工前、施工后对试验段进行取样。此次采样每 40 m 等间距取 5 个断面,每断面在道路中线、左、右各一测点,左、右测点距离中线 20 m。测点每隔 0.5 m 取

3 个土样进行室内试验,试验结果取土样测试结果的平均值。为了研究不同冲击碾压遍数对不同深度湿陷性黄土路基的处理效果,参考已有研究,此次冲击碾压遍数采用 10 遍、25 遍、30 遍、40 遍,路基土采样深度分别采用 30 cm、80 cm、150 cm、200 cm。

3 路基处理效果分析

本文采用湿陷性黄土路基基底沉降量、不同深度的压实度、湿陷系数及压缩模量等参数表征冲击碾压的处理效果,对冲击碾压前后的黄土进行测试,测试结果如图 2~图 5 所示。

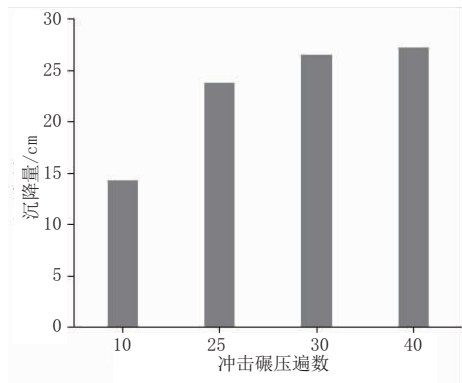


图 2 土体沉降量变化结果

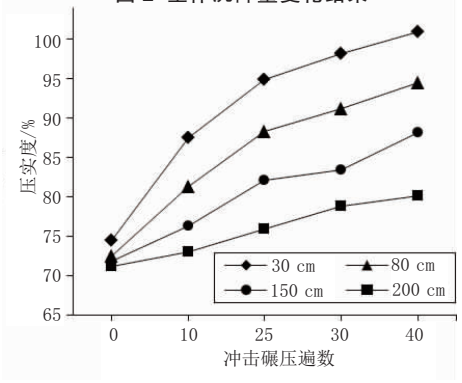


图 3 土体压实度变化结果

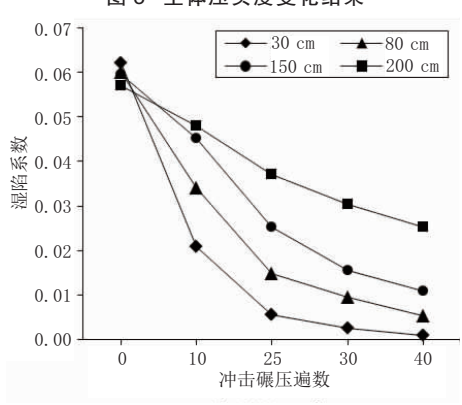


图 4 土体湿陷系数变化结果

3.1 沉降量

图 2 为不同冲击碾压遍数下的沉降量变化结果,由图可知,湿陷性黄土的沉降量随着冲击碾压

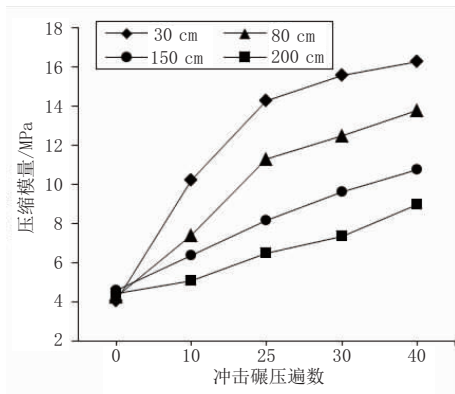


图5 土体压缩模量变化结果

遍数的增加而不断增大。当超过25遍后,黄土路基的沉降量趋于稳定,增长趋势逐渐减小。冲击碾压30遍、40遍时土体沉降量分别为26.5 cm、27.2 cm,与冲击碾压25遍时的沉降量相比分别增长11.3%、14.3%。由此可见,通过冲击碾压能够有效增加湿陷性黄土的沉降量,当冲击碾压超过25遍后土体沉降量基本趋于稳定,增长幅度逐渐减小。意味着冲击碾压25遍时效果最显著,若继续通过增加冲击碾压遍数增大基底沉降效率低且经济性差。

3.2 压实度

图3为不同深度湿陷性黄土压实度随着冲击碾压遍数的变化结果,由图3可得,随着冲击碾压的不断作用,土体的压实度不断提高。与原始土体压实度相比,冲击碾压40遍后不同深度内的土体压实度分别增大35.6%(30 cm)、30.1%(80 cm)、22.7%(150 cm)、12.6%(200 cm)。可见随着土体深度的增加,冲击碾压对路基土的压实度提高程度不断降低。当冲击碾压40遍时,深度为30 cm、80 cm范围的土体压实度分别为101%、94.5%,深度为150 cm的土体压实度达到88.2%,而深度为200 cm的压实度仅提高到80.2%。由此表明,冲击碾压对150 cm范围内的湿陷性黄土压实度提高效果显著,特别是对80 cm深度的土体加固效果最显著;当深度超过150 cm后冲击碾压对土体压实度有一定提升作用,但效果不显著。通过上述分析可知,冲击碾压对湿陷性黄土的加固效果随着深度增加不断衰减,根据此次研究数据,并参考已有研究成果^[10],认为冲击碾压对湿陷性黄土的有效加固深度为1.5 m。

3.3 湿陷系数

图4为冲击碾压作用下不同深度湿陷性黄土湿陷性的变化结果,由图4可得,土体的湿陷系数随着冲击碾压的不断作用不断降低,意味着黄土路基湿陷性逐渐消除。与原始土体湿陷系数相

比,冲击碾压40遍后不同深度内的土体压实度分别减小98.4%(30 cm)、91.2%(80 cm)、81.5%(150 cm)、55.6%(200 cm),可知冲击碾压对土体湿陷性消除效果随着深度增加不断降低。当冲击碾压25遍时,不同深度范围内的湿陷系数分别为0.005 7(30 cm)、0.014 8(80 cm)、0.025 4(150 cm)、0.037(200 cm),即深度在80 cm范围内的黄土基本没有湿陷性,深度为150 cm内的黄土湿陷性由中等转变为轻微。与冲击碾压25遍相比,碾压30遍、40遍时深度80 cm的土体湿陷系数分别增加35.8%、64.2%,对于同一深度的土体而言,湿陷系数的减小程度随着冲击碾压遍数增加不断衰减。由此表明,当冲击碾压遍数为25遍时能够处理深度在150 cm范围内的黄土湿陷性,其效果佳、经济性好。

3.4 压缩模量

图5为不同深度湿陷性黄土压缩模量随着冲击碾压遍数的变化结果,由图5可得,随着冲击碾压的不断作用,土体的压缩模量不断增大,意味着基底承载力在提高。当冲击碾压40遍后,不同深度范围内土体的压缩模量分别为16.3 MPa(30 cm)、13.8 MPa(80 cm)、10.76 MPa(150 cm)、8.97 MPa(200 cm),与原始土体压缩模量相比分别提高了12.28 MPa、9.53 MPa、6.16 MPa、4.57 MPa,可见随着厚度的增大,冲击碾压对土体的承载力提升效果在衰减。当冲击碾压25遍后,对于基底深度为80 cm范围内的土体,随着冲击碾压的继续作用压缩模量的增长速率不断减小。

综合上述研究结果可知,针对甘肃(武威)国际陆港中心区道路湿陷性黄土建设场地,采用冲击碾压可有效处理场地湿陷性,当冲击碾压25遍后,80 cm范围内的土体湿陷性消除,150 cm范围内的土体湿陷性显著改善,路基压实度及承载力能够满足规范要求。因此推荐采用冲击碾压作为该场地湿陷性路基处理措施,冲击碾压遍数采用25遍。

4 结语

(1)通过对湿陷性黄土路基基底进行冲击碾压,土体压实度、压缩模量、湿陷性得到明显改善,随着冲击碾压的增加,这种改善效果不断增强;冲击碾压使路基加速沉降,一定程度上改善了道路工后沉降。

(2)冲击碾压对黄土湿陷性消除效果随着土体深度增加不断降低,冲击碾压25遍后,深度为80 cm的黄土湿陷性基本完全消除,深度为150 cm内的

土体湿陷性由中等转变为轻,深度为 200 cm 的土体湿陷性消除效果较差。

(3)冲击碾压对湿陷性黄土的处理深度约为 1.5 m,当冲击碾压 40 遍时,深度 80 cm 范围的黄土压实度高达 94.5%,深度为 150 cm 范围内的黄土压实度达到 88.2%。

(4)冲击碾压能够有效增加湿陷性黄土的沉降量及土体压缩模量,冲击碾压 25 遍时效果最显著;当冲击碾压超过 25 遍后,湿陷性黄土沉降量逐渐稳定,对于深度为 80 cm 的土体,压缩模量随着冲击碾压的继续作用增长速率不断减小。

参考文献:

[1] 陆芳. 浅析湿陷性黄土地区路基常见病害及处理措施[J]. 西部

交通科技,2013(4):15-19.

[2] 张志清,张兴友,胡光艳,等. 湿陷性黄土公路路基病害类型及成因分析[J]. 路基工程,2007(5):160-162.

[3] 杨阳. 湿陷性黄土地区城市道路路基处理的研究[J]. 北方交通,2018,298(2):85-87.

[4] 马骏腾. 公路湿陷性黄土路基处理效果评价研究[D]. 重庆:重庆交通大学,2009.

[5] 曾繁辉,李念军. 冲击碾压法在低液限粉土路基施工中的应用[J]. 路基工程,2007(3):139-140.

[6] 姚雪贵,杨彪,雷愿锋,等. 冲击压实法在湿陷性黄土高填方地基处理中的试验观测[J]. 工程建设,2011,43(2):38-39.

[7] 孔健. 冲击碾压技术在城市道路建设中的应用[J]. 城市道桥与防洪,2018(12):188-190.

[8] 张晓靖,邱延峻,余斌,等. 冲击碾压在高填方路基中的应用研究[J]. 交通运输工程与信息学报,2011,9(1):70-77.

[9] 颜海. 冲击压实技术在湿陷性黄土地区应用的研究[D]. 石家庄:河北工业大学,2010.

(上接第 158 页)

越强。

(3)蠕变试验表明,在沥青中掺入SBS、SBR能够提高沥青的弹性,循环加载后改性沥青的应变恢复率高于基质沥青,不可恢复蠕变柔量小于基质沥青;将SBS与SBR复合掺配制备的改性沥青的应变恢复能力由于单一材料改性沥青。

(4)通过对沥青的低温性能指标 S 与 m 值进行分析,发现在恒载荷作用下,改性沥青的劲度模量较低, m 值较大,表明SBS、SBR能够改善沥青在低温下的应力松弛能力,提高抗裂性能。

参考文献:

[1] 王岚,崔世超,任敏达. 多聚磷酸复配SBS改性沥青微观结构特性评价[J]. 材料导报,2019,33(24):4105-4110.

[2] 寇长江,肖鹏,康爱红. SBS改性沥青高温流变性能与相态结构的关系[J]. 材料科学与工程学报,2017,35(6):906-910,956.

[3] 陈富强,宋永朝,陈富坚. SBS改性沥青混合料高温性能多指标综合评价[J]. 同济大学学报(自然科学版),2009,37(10):1345-1348,1359.

[4] 方滢,谢玮珺,杨建华. 聚氨酯预聚物改性沥青的制备及其流变行为[J]. 功能材料,2019,50(6):6197-6205.

[5] 曾三海,曾立,梁称. SBS改性沥青胶料性能的影响因素及原因分析[J]. 新型建筑材料,2019,46(5):134-136.

[6] 弓锐,郭彦强,徐鹏. SBS/SBR复合改性乳化沥青的性能研究[J]. 中外公路,2019,39(1):234-237.

[7] 程培峰,张展铭,李艺铭. 星点设计-效应面法优化PPA/SBR复合改性沥青制备工艺[J]. 公路工程,2019,44(1):184-188.

[8] 朱洪洲,范世平,卢章天. 基于DSR时间扫描的沥青常应力疲劳演化规律分析[J]. 公路交通科技,2017,34(11):8-14,37.

[9] 朱洪洲,范世平,卢章天. 基于DSR Time-Sweep的沥青常应变疲劳演化规律分析[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版),2018,37(02):33-38.

[10] 唐乃鹏,黄卫东. 基于MSCR试验的SBS改性沥青高温性能评价与分级[J]. 建筑材料学报,2016,19(4):665-671.