

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.07.015

沙漠公路风积沙台背回填技术研究

王金国¹, 孙跃轩², 杜洋¹, 李瑞杰², 张利军^{3,4}, 王进宏^{3,4}

(1.宁夏交投工程建设管理有限公司,宁夏 银川 750002; 2.宁夏公路管理中心,宁夏 银川 750002; 3.宁夏交通建设股份有限公司,宁夏 银川 750002; 4.宁夏交建交通科技研究院有限公司,宁夏 银川 750000)

摘 要: 针对沙漠高速公路涵洞台背回填困难问题,结合沙漠地区风积沙资源丰富的工程环境特点,开展风积沙台背回填关键技术研究。通过检测洒水压实法下压路机静压一遍+振压一遍和推土机静压一遍+铲运车收光一遍两种碾压工艺对风积沙台背压实度的影响,以及采用水沉法下不碾压或装载机静压一遍两种碾压工艺对风积沙台背压实度的影响,评价风积沙台背回填最优压实方法与碾压工艺;通过超载方式对台背部分进行预压,观测其沉降值,评价风积沙台背稳定性。研究结果表明,相比于水沉法,洒水碾压法仅需将表层风积沙湿润,其用水量不足水沉法的十分之一,经济效益显著;相比推土机静压一遍+铲运车收光一遍的碾压工艺,压路机静压一遍+振压一遍的方法对机械资源需求量低,而且可满足连续作业需求,施工效率显著;此外,采用该方法的风积沙回填台背的稳定性良好,降低了台背不均匀沉降风险;同时,因风积沙材料的透水性良好,可较大程度地避免水损害。

关键词: 沙漠公路;风积沙;台背回填;振动干压法;压实度

中图分类号: U419.91

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)07-0067-03

0 引言

在桥涵构造物的台背回填工程中,因涵身的存在,使得路基回填材料在该部分受力状态十分复杂,易使涵身与回填材料出现缝隙,进而降低其下层应力,并最终导致回填材料沉降变形,在服役中产生台背跳车等公路病害。因此,台背回填土应满足具有较高抗压强度的要求。目前,传统回填材料多采用透水性粒料,并通过控制材料的压实度以确保其抗压强度满足要求。但是,对沙漠腹地高速公路建设项目而言,因砂砾土资源稀缺、供料困难,为台背回填工程施工带来一定影响。基于此,依托乌玛沙漠高速公路建设项目,结合沙漠地区风积沙资源丰富的工程、环境特点,聚焦风积沙资源开发利用与沙漠高速公路台背回填技术。

1 风积沙台背回填工程背景

乌(海)至玛(沁)高速公路青铜峡至中卫段是我国第一条穿越沙漠腹地的高速公路,该工程沙漠路段涵洞数量较多,为节约施工成本,提高施工效率,

项目遵循就地取材原则,提出以风积沙替代原设计中砂砾土作为台背回填材料,分别在乌玛高速公路 A9 标 YK165+475、YK166+066、YK166+200(1-8×5 m)三道钢筋混凝土箱涵进行试验。

2 风积沙台背回填技术研究方案

2.1 风积沙台背回填压实方案

台背回填工程对材料压实度要求较高,且施工作业面狭小,机械压实困难,工程施工操作难度大、工程质量难以控制,对风积沙台背回填施工关键技术的研究至关重要。基于此,针对不同施工压实工艺开展了系统研究,具体压实工艺方案如下。

通过将箱涵台背回填作业面划分为如图 1 所示的 6 个区域,处理宽度分别以 $2H+3$ m 计,且第一层处理宽度以平地机或推土机有充分作业宽度为基准设置,但不小于 5 m;其中,①、②、③区段采用洒水压实法施工,在碾压前通过水车洒水以提高风积沙的含水率,使其能够满足机械作业需求,风积沙虚铺厚度控制不大于 50 cm,共填筑 11 层;④、⑤、⑥区段采用水沉法施工,通过将水分层浇筑至风积沙表面至有水头为止,利用水的自重与吸附作用,辅助机械设备压实,达到沙粒紧密的目的,风积沙虚铺厚度控制不大于 80 cm,共填筑 7 层;当回填材料逐层填筑压实至路床顶面以下 50 cm 时,采用砾类土分两次填筑压实,不同填筑分区的压实方案见表 1。

收稿日期: 2022-09-27

基金项目: 宁夏回族自治区科学技术厅重点研发计划项目(2021BEG02017-02); 宁夏回族自治区交通运输厅科技项目(202000175)

作者简介: 王金国(1979—),男,本科,高级工程师,从事公路工程项目管理工作。

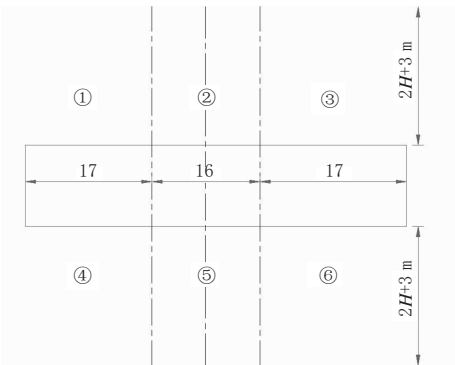


图 1 填筑分区示意图

表 1 路基填筑分区压实工艺

分区 编号	压实方法	虚铺厚度 / cm	压实工艺
①	洒水碾压	50	压路机静压一遍 + 振压一遍
②、③	洒水碾压	50	推土机静压一遍 + 铲运车收光一遍
④	水沉法	80	不碾压
⑤、⑥	水沉法	80	装载机静压一遍

2.2 风积沙台背沉降观测方案

为验证风积沙回填台背的稳定性,填筑完成后于风积沙台背顶面埋设沉降板,并将路面结构层部分换算为等效荷载,以堆载高度为 2 m 的风积沙为预压材料,采用超载方式对台背部分进行预压,以达到加速台背沉降的效果,模拟路面铺筑后对路基施加的荷载;通过观测台背填土的沉降差、沉降量及沉降速度评价台背稳定性。研究观测点设置如下:④~⑥区,选择距离涵身 2.3 m,距左路线设计线 3.5 m 处;①~③区,以距离涵身 2.3 m,距右路线设计线 3.5 m 处为参考;观测时间不少于 90 d,时间间隔不大于 3 d,由沉降量与时间关系曲线判定沉降稳定阶段。

3 风积沙台背回填技术研究结果

3.1 风积沙台背回填压实工艺研究

表 2、表 3 分别为 K165+475 箱涵 1# 台和 K166+066 箱涵 0# 台台背回填压实度检测结果。分析可知,在洒水碾压方法下,无论采用压路机静压一遍 + 振压一遍或推土机静压一遍 + 铲运车收光一遍的碾压工艺,其压实度差值较小,且均满足大于 96% 的要求。

表 2 ZK165+472.9、YK165+475 箱涵 1# 台
台背回填压实度检测结果 单位: %

层位	1	2	3	4	5	6	7
1 区	96.8	98.1	97.9	97.8	98.4	97.9	97.8
2、3 区	98.4	98.1	98.4	97.8	98.3	97.8	98.4

表 3 ZK166+064.2、YK166+066 箱涵 0# 台
台背回填压实度检测结果 单位: %

层位	1	2	3	4	5	6	7
1 区	97.5	97.8	98.4	98.1	98.7	97.9	98.1
2、3 区	97.7	98.0	97.8	98.1	98.1	97.9	97.9

表 4、表 5 分别为 K165+475 箱涵 0# 台和 K166+066 箱涵 1# 台台背回填压实度检测结果,分析可知,采用水沉法压实时,不进行碾压和装载机静压一遍所得台背回填风积沙的压实效果基本相同,且均满足大于 96% 的要求,即风积沙在注水饱和状态时,碾压与否对风积沙压实度均无显著影响。

表 4 ZK165+472.9、YK165+475 箱涵 0# 台
台背回填压实度检测结果 单位: %

层位	1	2	3	4	5	6	7
4 区	97.8	97.5	98.1	97.5	97.9	98.5	98.5
5、6 区	97.9	97.7	97.8	98.0	98.0	98.1	98.0

表 5 ZK166+064.2、YK166+066 箱涵 1# 台
台背回填压实度检测结果 单位: %

层位	1	2	3	4	5	6	7
4 区	97.9	97.8	97.8	98.1	98.2	98.4	98.5
5、6 区	98.1	97.8	97.9	98.0	98.4	98.0	98.0

此外,考虑到风积沙不具备保水性,其在沙漠干燥环境下水分易散失,可能会导致其压实度降低,基于此,研究参考风积沙台背回填层之间最大施工间歇为 12 h 的工程特性,以风积沙台背压实结束后的压实度及压实结束 12 h 后的压实度为研究对象,分析风积沙回填材料的压实度损失,检测结果见表 6。

表 6 不同检测时间的压实度检测结果 单位: %

分区	洒水碾压后 0.5 h		洒水碾压后 12 h		注水后 1 h		注水后 12 h	
	1	2、3	1	2、3	4	5、6	4	5、6
压实度	96.8	98.4	97.5	97.6	97.8	97.5	97.3	97.9

由检测结果可得,在风积沙压实后 12 h 之内其压实度并未发生明显降低现象,这主要是由于风积沙独特的压实机理产生,经研究,不同于普通砂砾土,风积沙在含水率为 0% 和 14%~16% 时将产生两个干密度峰值,具有干压实与湿压实两大特性。而在实际工程中即使连续注水,因风积沙保水性较差,其也难以达到最佳含水率;当风积沙在注水后水分散失条件下,其也无法达到完全干燥状态,含水率仍然保持在 3% 以上,因此,无论何种情况,均无法使风积沙的含水率达到其最大干密度水平,故在 12 h 之内

风积沙的压实度变化不大。综上,以上试验结论显示几种压实方法及工艺所得压实效果基本相同,这使得经济性成为优选压实方法和工艺的主要指标。

通过工程实践可得,若采用水沉法压实,须洒水至风积沙达饱和状态,含水率达17%~18%,但由于风积沙不具有保水性,洒水后受湿度梯度和重力的双重作用,水分会快速下渗,导致实际洒水量远大于风积沙饱和含水量,每平方米实际洒水量约为1 t;另根据现场检测,当风积沙洒水至饱和状态,约1 h后其含水率便会降低至8%~9%,12 h后含水率降低至4%~5%,24 h后表层以下达到稳定含水率2%~3%,因此在该条件下难以保证风积沙达到最佳含水率。而采用洒水碾压法仅需将表层风积沙湿润,使其含水率达到约3%,能够为碾压机械提供良好的作业条件即可,其用水量不足水沉法的十分之一,故洒水碾压相比于水沉法可节约大量的水资源,经济效益显著。

此外,从碾压工艺角度分析,相比推土机静压一遍+铲运车收光一遍的工艺,压路机静压一遍+振压一遍仅需要一台钢轮振动压路机,机械资源需求量更低;同时,由于风积沙台背回填作业面有限,无法容纳两台压实机械同时作业,因而压路机静压一遍+振压一遍的工艺无需机械进出场,具有满足连续作业需求的特点,在施工效率方面优势显著。

综上,风积沙台背回填采用洒水碾压方法,即压路机静压一遍+振压一遍的工艺,不仅能够满足压实度大于96%的技术要求,且具有最佳经济效益。

3.2 风积沙台背稳定性研究

图2所示为风积沙台背堆载预压过程中的沉降观测结果,由该图可得,从2020年6月27日至2020年8月2日,共34 d沉降期内,K165+475处和K166+066处台背的最大沉降量均为11 mm,其中K165+475处管道台背沉降较快,且早期沉降较大,在19 d后达到最大沉降;相对而言,K166+066处管道台背沉降速率较慢,沉降至稳定共用时28 d。由此可见,以风积沙填筑的台背,沉降量在很小的范围内,其稳定性具有可靠保障;且由于台背处与风积沙路基采用同种材料填筑,避免了由于不同类型材料造成的不均匀沉降风险;此外,风积沙材料的透水性十分好,可以避免积水病害。综上,风积沙用作台背填料是完全可行的,且具有诸多优点。

4 结论

(1)在洒水碾压方法下,无论采用压路机静压一

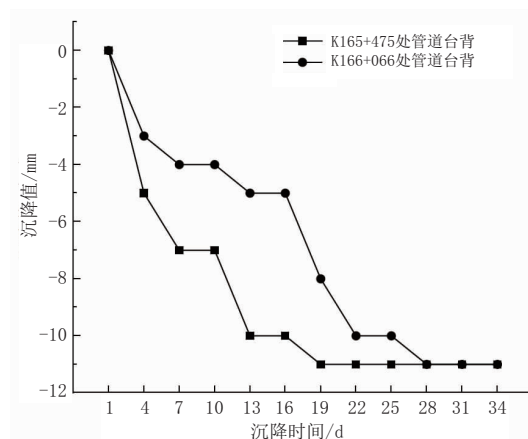


图2 管道台背沉降量

遍+振压一遍或推土机静压一遍+铲运车收光一遍的碾压工艺,其压实度差值较小,且均满足大于96%的要求;采用水沉法压实时,不进行碾压和装载机静压一遍所得台背回填风积沙的压实效果基本相同,且均满足大于96%的要求。

(2)采用水沉法压实每平方米实际洒水量约为1 t,且难以保证风积沙达到最佳含水率,采用洒水碾压法仅需将表层风积沙湿润,其用水量不足水沉法的十分之一,经济效益显著。

(3)相比推土机静压一遍+铲运车收光一遍的碾压工艺,压路机静压一遍+振压一遍的方法仅需要一台钢轮振动压路机,机械资源需求量低,且在工作面较小的台背处可满足连续作业需求,施工效率显著。风积沙台背回填宜采用洒水压实方法,压路机静压一遍+振压一遍的碾压工艺。

(4)风积沙回填台背的稳定性具有可靠保障;且由于台背处与风积沙路基采用同种材料填筑,避免了由于不同材料类型造成的不均匀沉降风险;此外,风积沙材料的透水性良好,可较大程度地避免水损害。

参考文献:

- [1] 李世芳.风积沙在公路桥涵台背回填中的应用研究[J].路基工程,2008(2):145-146.
- [2] 陈洪,胡燕.一种使用风积沙进行公路桥涵台背回填的方法[J].公路交通科技(应用技术版),2007(9):144-145.
- [3] 崔亚楠,苏跃宏,李永,等.风积沙作桥台背回填材料的施工工艺研究[J].内蒙古工业大学学报(自然科学版),2005,24(4):310-314.
- [4] 李良桂.“台背回填”施工注意要点探讨[J].四川建材,2017,43(6):144-145.
- [5] 王朝伦.桥涵台背回填施工质量控制[J].交通世界,2021(16):111-112.
- [6] 王磊.风积沙路基压实质量控制方法研究[D].西安:长安大学,2011.
- [7] 邱天,李志农.风积沙在新疆高速公路建设中的应用与研究[J].现代交通技术,2017,14(4):26-31.