

沙漠公路风积沙干压实工艺控制与分析

宋延涛

(中铁十五局集团 第五工程有限公司, 河南 洛阳 471002)

摘要:结合工程实例在充分认识风积沙的工程特性基础上,通过分析风积沙工程特性,确定并进一步完善风积沙干压实工艺,明确了压实工艺控制要点。通过在工程实际中的应用,说明了施工工艺控制的合理性、科学性。

关键词:沙漠公路;风积沙;干压实;工艺控制

中图分类号:U416.166 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-0300(2009)03-0115-04

1 工程背景

阿拉尔一和田沙漠公路第三合同段位于塔克拉玛干沙漠中,全长80.105 km,其中沙漠段69 km,有密集的新月形沙丘链群与格状沙丘(蜂窝状沙丘)交替分布,风积沙路基土方150余万 m^3 。风积沙路基施工是影响工程如期完成的一个关键因素,确定合理的风积沙压实工艺,将直接影响工程的顺利实施。在施工中,我们和有关单位通过试验分析,现场操作验证等手段,结合风积沙的特性,确定并完善了相对科学的风积沙干压实工艺。

2 风积沙特性分析

风积沙作为本合同段沙漠公路路基的主要材料,与其它土体相比,有其独特的特性,其工程特性直接影响了施工工艺和道路建成以后的整体强度和稳定性。为确保施工工艺可行可靠,并保证路基的整体强度和稳定性,查阅了有关文献资料^[1],并结合现场试验进行了分析总结,具有以下几个特性:

2.1 基本特性

(1)本合同段内风积沙在分布上相当均匀,粒度组成等都变化不大。风积沙颗粒组成主要分布在0.5~0.074 mm,占96%以上,细度模数为1.28左右,粉粘粒含量很少,塑性指数接近于零,密度为2.65~2.7 g/cm^3 。风积沙的比表面很大,但无粘性(内聚力基本为零),颗粒表面活性低,松散性强,级配差,保水性差,但水稳性好。

(2)风积沙中的化学成份以 SiO_2 、 Al_2O_3 和CaO为主,其它成份较少。此外,沙中易溶盐含量很少,属非盐渍土类,pH值呈微碱性。

(3)风积沙击实规律表现为随着含水量增大,击实干密度先下降,再上升(呈凹曲线),最大干密度出现在含水量接近零处或接近饱和处。

(4)风积沙的沉降变形一般在15 s以内即完成,且不产生徐变,总沉降量很小(<1.5%),属低压缩性土,风积沙沉降量随荷载的增加而呈指数形式变化。风积沙的空隙比随沉降率增加呈线型变化。

2.2 工程动态特性

(1)查有关研究资料表明,风积沙共振频率在25~55 Hz之间,其值与沙的压实度、含水量和厚度等有关;在其它条件变化不大时,共振频率随压实度提高而提高;在压实度差别不大时,不同沙层厚度的共振频率差异不大;在较小的压实度条件下,共振频率随含水量增加而有增大的趋势,但在含水量达到13%以后,反而略有下降。

收稿日期:2009-02-27

作者简介:宋延涛 男 1976年出生 工程师

(2)通过试验表明,松散的风积沙,无论含水量大小,均在 35 ~ 45 Hz 的激振频率处下沉量最大,但最大沉降量一般出现在干涉及含水量饱和时。且动载大小直接影响到压实效果,动载大,则压实效果好;反之,动载小,则压实效果略差。

以上特性表明,风积沙的压实,在有关物理指标相近的条件下,取决于风积沙的含水量和施工工艺的选择与控制,在含水量相对确定的条件下,施工工艺更是影响压实度的重要因素。经试验本合同段内风积沙天然含水量最大为 1.2% (地表下 2 m 处一个点),符合干压实条件。结合以上风积沙的特性,认为选择合适吨位的振动压路机及确定相应的振动压实频率等是保证风积沙的干压实的关键所在。同时,压实过程中加载的大小直接影响压实深度,加载大,压实影响深度也大。选择加载的大小,即振幅的大小,对施工工艺的选择确定有极大指导作用。

3 风积沙干压实工艺的确定

土的压实是通过碾压、冲击等外力手段,将空气和水分挤出,使土颗粒间相互位移靠拢,从而提高了土的密度,增强了土体抵抗外部压力的能力。对于风积沙来说,由于干燥松散,粉粘粒含量很少,内聚力可视为零,因此对沙基施加的压实力只是用于克服其颗粒间的摩擦力。根据含水量试验表明,合同段内风积沙表层 0 ~ 1.5 m 范围内,其天然含水量一般在小于或等于 1% 左右,击实试验表明在含水量小于 1% 时,最容易达最大干密度。这样,重点从施工机械和工艺控制入手,突出主要矛盾,进行有针对性的比较选择。

3.1 压实机械选择

风积沙的压实机械必须满足两个基本条件^[2],一是有足够的激振力,二是必须能在成型的沙基面上独立行走工作,通过比较,选择了徐工 YZ18JC 型全液压自行式压路机。该机最大振幅条件下激振力可达 330 kN,且爬坡能力强,机动性好,能较快地适应沙漠地形条件。通过现场初步试验,工作三至五遍后,压实度逐渐增大并能达到设计要求,但再增加压实遍数时,压实度下降。

3.2 干压实工艺控制的选择与完善

为提高压路机的工作质量,解决压实遍数增加时压实度不升反降的问题,进行了现场分析对比试验。根据振动原理知道,当振动压路机的振动频率接近风积沙的自振频率时,其颗粒的振幅将增大,同时内摩擦力降低,这样从理论上能获得较为理想的振动压实效果。为此,将压路机振动频率控制在 35 ~ 40 Hz 进行验证,发现压实工作四遍以后压实度不再上升。这说明在该振动频率下,再施加同幅激振力对已形成的致密结构影响不大。由于振动压路机是通过振动压实机械的往复作用,给被压材料连续的冲击力,通常是正弦波动的振动载荷,导致材料强迫振动,一方面使材料颗粒间的内摩擦力减小,另一方面使颗粒本身产生惯性力来消除颗粒间的内聚力和摩擦力,使颗粒重新排列组合,相互嵌挤,达到最佳密实状态。对风积沙来说,由于内聚力基本为零,振动时易使颗粒处于运动状态,所需的惯性力也较小,因此通过合理控制振幅和行走速度,使得压路机激振力合适,且能达到相应的影响深度,从而保证振动压力波得以达到一定的深度,才能获得较高的有效压实深度和理想的压实效果。通过现场进一步试验验证,发现当振幅选在 0.8 ~ 1.0 mm,速度控制在 2 ~ 4 km/h 时,激振力影响深度可达 1 ~ 1.5,压实 3 ~ 4 遍即可实现风积沙的最佳压实效果,并满足设计压实指标。

综合上述试验验证结果,认为风积沙干压实工艺在施工中的选择要充分结合现场施工条件,并应遵循以下几点:

- (1)采用重型振动压路机,以 18 t 左右为宜,太小激振力无法保证,太大则自重过重,影响效率。
- (2)采用高振动频率、低振幅的原则,将振动频率选择在 35 ~ 45 Hz,振幅选用 0.8 ~ 1.0 mm。
- (3)采用低碾压速度,一般选 2 ~ 4 km/h,最大不超过 6 km/h。否则,则影响激振力的影响深度。
- (4)压实遍数,以振压 3 ~ 4 遍为宜,最后静压 1 ~ 2 遍,稳定并平整沙基表面,压实遍数再增加,压实效果不明显。

在初期路基施工过程中,对于风积沙的干压实工艺,按以上几点进行控制,特别控制好振动频率和振

幅,严格控制压路机的碾压速度,取得了很好的压实效果。但由于路基填筑及开挖采用的是大型推土机(卡特彼勒 D8N),开挖和路基填筑工作效率高,但推筑成型的路基表面存在一定的微小起伏,压路机碾压后,路基平整度不理想,同时这些小起伏和表面松散的沙粒还一定程度上影响了压路机的工作效率。为此,又对施工工艺进一步完善。

为消除路基成型后的微小起伏,在路基成型后采用东方红 TY165 型推土机进行跟进初平,同时用 TY165 型推土机在初平过程中进行反复初压,使风积沙在推土机的行走作用下形成一定的致密并保持稳定,也为压路机振压工作创造更有利条件;初压完成后用平地机进行精平,通过精平使沙基表面平顺,面层沙粒也相对紧密;完成精平后再用压路机振动压实,压实过程中严格按上述原则进行。这样既消除了路基的不平整,又使得工序间能够流水作业,互相衔接,极大提高了机械的使用效率,大大加快了施工进度。

3.3 干压实工艺控制要点

(1)分层填筑风积沙。根据施工图设计,放样后,从路线两侧推筑。原则上每层填筑厚度 50 ~ 80 cm,每侧填筑加宽不小于 50 cm,同时按设计要求刷好边坡,并不得大于 1: 3。

(2)推土机初压。每推筑一层后,由推土机大致整平,并借助履带碾压 4 ~ 6 遍,直至达到放样标高,挖方路段碾压 3 ~ 4 遍,从两边向中间进行初压。

(3)平地机精平。宜采用大功率型平地机(PY180 型及以上型)缓慢匀速进行,速度控制在 6 km/h 左右,从中间向两边进行。

(4)压路机振压。填方路段振压 3 ~ 4 遍为宜,最后静压 1 ~ 2 遍,挖方路段振压 2 ~ 3 遍为宜,最后静压 1 ~ 2 遍,碾压遍数不宜过多。初始速度控制 2 ~ 3 km/h,最后一次振压控制在 4 km/h 左右,最大不得超过 6 km/h,振动频率控制在 40 Hz 左右,振幅控制在 0.8 ~ 1.0 mm,碾压过程严格控制,直线段从两边向中间,曲线段由内侧向外侧,纵向进退式进行。轮迹重叠宽度不得小于 1/2 单轮宽度,前后两相邻区段,纵向应重叠不小于 2 m,确保不漏压、无死角,碾压均匀。

(5)压路机静压。是以消除振压过程中形成的表面较松散的现象。速度控制 4 ~ 6 km/h,碾压过程严格控制,直线段从两边向中间,曲线段由内侧向外侧纵向进退式进行。轮迹重叠宽度不得小于 1/2 单轮宽度,前后两相邻区段纵向重叠不小于 2 m。

(6)静压后路基检测。采用浸水环刀法。检测样品取自压实路基面下 10 ~ 15 cm,表层土体刮去。

4 实际应用效果分析

在沙基施工中,严格按照以上施工工艺组织施工,对机械手和现场管理人员进行了专门培训,加强现场管理和指导,明确了各操作手在开挖填筑整平碾压过程中的注意事项和控制要点,使得各工序间相互配合更加有序顺畅,保证了工序间衔接的合理性,缩短了间隔时间,提高了工作效率,大大提高了机械使用率,在有效的工作时间内,使得单机的工作效能得以极大提高。段沙基施工从 2005 年 8 月开始,其中 8、9 两个月完成风积沙路基 32 万 m^3 ,以这样的速度,150 余万 m^3 沙基要到第二年六月底才能完成。2005 年 9 月底,开始对风积沙压实工艺进行了完善,并将完善后的施工工艺和控制要点落实到每个机械手上,同时针对控制要点的落实情况制定了相应的奖罚措施,由于施工工艺流程清晰,控制要点明确,通俗易懂,操作性强,实施效果明显。至 2006 年 3 月,顺利完成全部路基风积沙的施工,全线第一个完成风积沙路基工程,比业主原计划阶段性工期提前二个月,节约机械费用达 50 余万元,同时为后期路面施工赢得了宝贵的时间。通过实际对比分析,采用改善后的施工工艺施工,扣除冬休时间一个月,平均每月完成风积沙路基约 23 万 m^3 ,而在工作面只增加了一台小型推土机和一台平地机,工作量比原来每月提高了 7 万余 m^3 ,其关键是改善后的施工工艺使机械效率得以充分利用,特别是增加的推土机初平初压环节发挥了承上启下的巨大作用。

通过推土机初平和平地机精平消除了路基的不平顺,使得压路机振压施工的碾压速度能保持连续均衡;通过推土机初压使得成型的沙路基有一定的自稳,更便于压路机在碾压过程中的行走稳定,这样就使

得压路机能够保持合适的频率、振幅和速度工作,从而提高了机械的工作效率。

由于风积沙的工程特性决定了其施工工艺,通过对风积沙特性的认真分析试验,找出其主要影响因素,突出主要矛盾,通过现场试验选取合适的机械,确定合适的参数,并在施工过程中严格控制,是取得实效的又一重要因素。

5 结束语

风积沙已成为沙漠地区的主要筑路材料,其施工工艺是决定施工质量、保证设计意图正确实现的关键;选取合适的施工工艺,在很大程度上解决了沙基施工的关键技术,可以极大提高施工效率,降低成本提高效益的同时,缩短了施工周期,提高了社会效益。不同沙漠地区的风积沙颗粒组成也不尽相同,只要加强对风积沙特性的研究分析,并充分与施工环境条件相结合,就能找到与之相适宜、能科学指导生产的施工工艺。

参 考 文 献

- [1]新疆交通科学研究所. 新疆沙漠地区公路修筑技术研究报告[R]. 乌鲁木齐:新疆交通科学研究所,1993.
- [2]彭世古. 沙漠地区公路设计、施工与环保养护[M]. 北京:人民交通出版社,2004.

Aeolian Sand Dry Compaction Technology Control and Analysis for Desert Highway

Song Yantao

(The 5th Engineering Company of China Railway 15th Construction Bureau Group Co. Ltd, Luoyang 471002, China)

Abstract: Based on practical engineering examples and according to an analysis of the engineering properties of aeolian sand, the control points of aeolian sand dry compaction technology are defined. Through practical application in engineering, the construction control technology is proved to be rational and scientific.

Key words: desert highway; aeolian sand; dry compaction; construction control

~~~~~  
(上接第 114 页)

## Construction Technique for Non-floor Stand Cast-in-place Box Beam of Sishiliyu Great Bridge

Li Yang

(Traffic Department of Zhangbei County, Zhangjiakou 076400, China)

**Abstract:** Combined with experiences of construction technique for the non-floor stand cast-in-place box beam of Sishiliyu great bridge in Zhangshi elevated highway, cast-in-situ box girder is constructed by using the pier construction of hoop and the completed capping beam as fulcrum and assembling bailey beam as bracket. This paper mainly introduces the key technology and the control points of cast-in-situ box girder in the process of construction, which has a certain reference value for similar works.

**Key words:** Sishiliyu bridge; cast-in-situ box girder; non-floor stand; construction technique