

提高湿陷性黄土地区水泥土路床压实度的控制措施

李志振

中铁十五局集团第五工程有限公司

摘要：本文以银昆高速公路项目湿陷性黄土水泥土施工为例，从材料、施工工艺流程、机械组合等方面介绍提高水泥土路床压实度的措施，希望能为类似工程借鉴。

关键词：水泥土；路床；压实度

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.05.056

一、工程概况

银川至昆明公路太阳山开发区至彭阳段LJ11-1标段，起止桩号为K189+100-203+100，全长约14km。本标段主要施工内容：路基、桥涵、排水及防护工程。

图纸设计要求上路床为6%水泥土填筑，厚度30cm，下路床采用4%水泥土填筑，厚度为50cm，压实系数均为0.96。选取K201+035-142段作为路基下路床施工试验段，该段路基均为整体式，长度107m，最大填高6.1m，路面顶宽为26m。上路床填方量约为1591.7m³，下路床填方量约为2772.2m³。

二、施工计划

（一）施工进度计划安排

计划施工日期：2022年6月3日~2022年6月8日，工期6天。

（二）材料准备

施工前对于路基路床土料来源进行详细调查和取样检测，测定其天然含水量、最佳含水量、填料粒径、塑限、液限、CBR强度、最大干密度、等指标，并按规定及时送土样至工地中心试验室进行平行试验，将有关试验结果报监理工程师批复。

选定LJ11-2标主线内K203+300处挖方土用于K201+035-142段上路床与下路床试验段施工，取有代表性的土样，送中心试验室进行原土样及混合料的最大干密度及最佳含水量检测。经检测，4%水泥土最大干密度1.856g/cm³，最佳含水量14.4%；6%水泥土最大干密度1.862g/cm³，最佳含水量14.8%。

所选段落土料已经过中心试验室批复。土料指标满足96区设计及规范要求后，用于路床试验段使用。

路基填料的粒径和最小强度应符合下列要求：

表2-1

路基填料最大粒径、最小强度和压实度要求

分区	路面底面以下深度(m)	最大粒径(mm)	最小承载比CBR (%)	压实度 (%)
上路床	0~0.3	<100	8	≥96%
下路床	0.3~0.8	<100	5	≥96%
上路堤	0.8~1.50	<150	4	≥94%
下路堤	>1.50	<150	3	≥93%
零填及挖方路段	0~0.3	<100	8	≥96%
	30~0.8	<100	5	≥96%

（三）机械设备

按照路基填筑每个作业面施工要求，抽调性能好，出厂日期在5年以内的机械设备、仪器，进场时进行机械设备、机具的检查、验证、维修、保养，保证正常施工作业。

表2-2 主要机械设备一览表

序号	名称	型号	单位	数量	备注
1	挖掘机	265	台	2	
2	装载机	50F	台	1	
3	推土机	TY220	台	1	
4	振动压路机	26t	台	2	
5	后八轮	20m ³	辆	4	
6	平地机	120KW	台	1	
7	洒水车	10m ³	台	2	
8	振动羊足碾	YZTK20A	台	1	26T
9	路面冷再生机	XKC185	台	1	
10	水泥洒布车	XLZ2103S	台	1	

（四）劳动力准备

本着安全、优质、高效完成路基填筑的施工，按照“集中领导、职责明确、提高效率、有利协调”的原则，成立施工作业小组。

三、主要施工技术方案

填筑时采用“三阶段、四区段、八流程”的作业程序组织施工。

四、施工工艺流程

（一）上路堤（下路床）验收→施工放样→备料、摊铺→撒布水泥→拌和→整形→碾压→接缝和调头处理→养护

（二）对上路堤（上路床）等相应项目进行自检，自检合格后报监理工程师及中心实验室进行抽检验收，经检测合格后进行下一工序施工。

五、施工方法

下承层施工完成后,各项指标满足设计及施工规范要求,并报监理工程师验收合格,再进行路床填筑,路床施工前保证下承层保持湿润状态,以减少含水率损失。

(一) 施工测量

根据道路设计坐标或道路特征点,采用全站仪每20米放出中边桩,曲线段10m一处断面,并在两侧路肩边缘外设指示桩,控制桩上明显标记待施工层的设计标高。现场用石灰洒出路床边线及填土控制网格。然后进行高程测量,在两侧指示桩上用灰饼标出水泥土层顶部的设计高。施工过程中,标桩如有丢失或移动,及时补桩抄平。为保证边缘压实度,路基两侧超填50cm。

(二) 施工临时排水

路床施工前完善施工场地附近的临时排水措施,防止施工区域积水。结合永久排水做好施工期间的临时排水工作。每层填筑时,在填层面做成2%~4%的横向排水坡,并在两侧边坡处每隔20m~30m交错设置40cm×40cm临时排水沟,以保证路基面不积水,且使雨水通过临时排水沟排入边坡坡脚;路堤坡脚及时做好临时排水沟,保证路基的边坡排水系统通畅。

(三) 分层摊铺

(1) 施工时,以96区下路床及上路床进行试验,下路床厚度50cm,上路床厚度30cm,参照以往试验经验确定松铺系数为1.2(具体参数由试验段确定),下路床分两层填筑,每层25cm;上路床分两层填筑,每层15cm。

(2) 在路基填筑前,每20米放出中桩,曲线段每10m放出桩位,并用水准仪测其横断面高程,准确确定出边桩,确定路基路床填土范围。然后用白灰布网格,现场设置标识、标牌,并在填筑区段内设置灰饼用以控制虚铺厚度。施工便道经常洒水养护,防止扬尘对生产人员和其他人员造成危害。

每格布土一车,按松铺厚度确定网格大小,具体数据如下:

每车装土 20m^3 ,下路床推平后按照松铺按照30cm控制计算时,每车卸料面积 66m^2 ,计算公式: $20 \div 0.3 = 66.67\text{m}^2$,在填土范围内按 $8\text{m} \times 8\text{m}$ 方格撒灰线。

上路床按照松铺按照20cm控制计算时,每车卸料面积 100m^2 ,在填土范围内按 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 方格撒灰线。

采用自卸车运土,现场专人指挥车辆卸土于方格中,然后用装载机粗平后用平地机精确整平。严格控制铺筑厚度及高程,其路拱横坡与路面一致。严格控制摊铺含水量,现场及时进行含水量检测并与最佳含水量比较,然后确定对填料进行洒水或翻晒处理,素土摊铺时

含水量按高于最佳含水量2~3个百分点控制。同时控制松铺填料层的高程。必要时,进行减料或补料工作。试验人员检测素土含水率为14.1%、14.2%。

利用网格线灰饼控制虚铺厚度。人工挖土对虚铺厚度检测,每30m检测一点,共检测4点。其检测结果为29.7cm、29.6cm、29.8cm、29.8cm(下路床),测量人员利于水准仪记录松铺后标高。

(四) 撒布水泥

水泥摊铺采用XLZ2103S粉料撒布车摊铺,摊铺宽度为2.4m,水泥用量根据施工图设计要求,下路床按照压实厚度25cm计算,每平方米约需要18.25kg。上路床按照压实厚度15cm计算,每平方米约需要15.75kg。为保证水泥用量满足要求,摊铺水泥时搭接10cm进行摊铺。确保水泥全覆盖,避免出现水泥用量不均的现象发生。

(五) 拌和

水泥摊铺完成后,XKC185冷再生机及时开始拌和,拌合机匀速、平稳行走,行走速度控制在5m/min左右,不宜过快,现场专人跟踪冷再生机。

为防止存在素土夹层,拌和深度要达到下5mm~10mm确保拌合均匀、深度一致,现场拌和两遍。冷再生机每道拌合有效宽度为2.1m,水泥土拌合时,注意每道搭接宽度不少于30cm,确保工作区内无漏拌。路拌机根据层厚调整拌合深度,确保本层拌和彻底,无夹层现象。拌和完成后,试验员随机取样进行灰剂量试验,检测是否满足设计要求以及含水量是否满足最佳含水量要求。

水泥土拌合均匀后试验室及监理现场对下路床水泥土的水泥剂量及含水量进行检测。其水泥剂量检测结果为4.2%、4.3%,含水量为15.2%、15.4%,满足施工条件。

(六) 整形

混合料拌和均匀后,立即用平地机进行整形(为防止土中水分的过早散失,也可用压路机先快速静压一遍,对表面进行初次找平)。在直线段,平地机由两侧向路中心进行刮平;在曲线段,平地机由内向外侧进行刮平。每次整平都按照图纸设计横坡要坡度进行。特别注意接缝处的整平,使接缝顺适平整,必要时再返回刮一遍。整形时严禁任何车辆通行。

(七) 碾压

压实作业采用2台26t振动压路机和1台26t羊角碾,碾压时最快行驶速度控制在4km/h以内,由低侧向高侧、由两侧至中间碾压。碾压时重叠1/3轮宽,后轮压完路面全宽时为一遍,碾压速度为3km/h。碾压开始先静压一遍进行收面,使用平地机进行整平,保证路基表面平整。然后采用羊角碾碾压五遍,随后有光轮压路机

震压两遍，静压一遍进行收面，横向接头和前后相邻两区段纵向接头重叠大于2m，做到压实均匀、无死角、无漏压。检测压实度采用灌砂法进行，每200m每压实层检测不少于2点。拟采用以下机械组合方式进行试验。静压1遍，羊角碾5遍，强震2遍，静压1遍后开始检测压实度及厚度。以后每增加羊角碾及强震碾压一遍检测压实度及碾压后土层厚度，直到压实度数值达到96区要求为止，最后光轮压路机静压1遍收面，整理96区数据。施工人员利用水准仪对压实后路基面测算压实厚度，检测结果为24.7cm、24.6cm、24.6cm、24.8cm。

每层路床填筑随机选取3点进行压实度检测，合格后方可进行下层路床施工，机械组合和施工工艺同第一层压实方法。每填筑1层检验坡度是否合适，碾压过程中，对施工范围内凹凸不平处进行修补。每层水泥土施工保证4小时内完成。

两端结合台阶留设：分段路床填筑时，路基两端与过渡段或后期填筑路基相接部分，对端头部分进行翻拌重新

进行碾压，便于新填部分与旧路基结合，长度不小于2米，每层填筑超宽不小于50cm，待边坡施工时刷去超填部分。

(八) 实度检测

终压完成后采用灌砂法对压实度进行自验，自检合格后报监理工程师填写通知单，由中心实验室进行抽检，抽检合格后进行下道工序施工。若经自检不能达到≥96%压实度，则采取增减碾压遍数、调整含水率等措施进行处理，处理合格后报请监理工程师验收。

(九) 接缝和调头处理

前一段拌和整形后，留5~10m不进行碾压，后一段路床施工时，对前段留下未碾压部分加水泥重新拌和，并与后一段一起碾压。路床施工应避免纵向接缝，在必须分幅施工时，纵缝必须垂直相接。

(十) 养生及交通管制

每层路床施工完成后进行下层连铺施工或者立即洒水养生，养生期不少于7d，根据气候条件及时补水。养生期间禁止车辆通行。

表5-1 土方路基实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差值	检查方法和频率
1	纵断高程 (mm)	+10, -15	水准仪：中线位置每200m测2点
2	中线偏位 (mm)	50	全站仪：每200m测4点，弯道加HY、YH两点
3	宽度 (mm)	符合设计要求	尺量：每200m测4点
4	平整度 (mm)	≤15	3m直尺：每200m测2处×5尺
5	横坡 (%)	±0.3	水准仪：每200m测2个断面
6	边坡	满足设计要求	尺量：每200m测4点

六、边坡整修

路基填筑完成后，按设计坡度纵横挂线刷坡，去除超填部分。修整后的边坡达到转折处棱线明显，直线处平直，曲线处圆顺，没有凹凸不平转折处，几何尺寸满足图纸要求。

工程完工后，及时清理好场地，周转材料及时返库。做到工完料净、场地清洁。

七、整理试验结果及总结

用水准仪测出水泥土拌合后各测点的初始高程。最后一遍静压后检测压实后相同点高程。得出压实厚度。

对试验段各项指标的检测

压路机静压一遍，羊角碾碾压五遍、压路机强震二遍，收面。

- (1) 虚铺系数：测定松铺系数为1.205。
- (2) 宽度：测6点，合格率100%。
- (3) 压实度，实测4点，合格率100%。
- (4) 厚度：实测4点，合格率100%。
- (5) 水泥剂量：实测2点，合格率100%。
- (6) 水泥土拌合到碾压完成所需时间3h40min，满

足小于4h要求。

由数据对比可知，在虚铺厚度为30cm的情况下，当含水率处最佳含水率+2%范围，水泥土的水泥剂量满足要求时，对于压路机静压一遍、羊角碾碾压五遍、压路机震压二遍、静压收面的方案可以满足压实度达到96%的要求；故选此方案作为控制标准。

结束语

通过路床试验段施工得出水泥土的松铺厚度、碾压遍数等各种技术参数，希望能指导今后湿陷性黄土地区填土施工。

参考文献

- [1] 赵恒. 高填方路基施工质量控制探讨[J]. 科技资讯. 2009, (10).
- [2] 雷建华. 高填方填石路基质量控制研究[J]. 城市建设理论研究(电子版). 2014, (23).
- [3] 张玉庆. 高填方路基施工要点分析[J]. 投资与合作. 2013, (3).
- [4] 蔡伟红. 山区公路工程高填方路基的处理技术[C]. 2014.