

文章编号: 0451-0712(2006)01-0209-04

中图分类号: U416.212; TU66

文献标识码: A

半刚性基层材料的碾压机械优化组合研究

吴超凡^{1,2}, 申爱琴¹, 王秉纲¹

(1. 长安大学公路学院 西安市 710064; 2. 中交第一公路勘察设计研究院 西安市 710065)

摘 要: 分析了半刚性材料的压实原理、压路机的性能和碾压工艺,发现传统的碾压机械组合有使基层上下材料不均匀和压碎集料的缺点,由此提出新的压实机械组合,通过现场试验表明新的压实机械组合可以克服传统碾压机械组合的缺陷,并具有比传统碾压组合更易达到规定压实度的优点。

关键词: 压实机理; 碾压机械组合; 压实度

半刚性基层材料中无机结合料和细集料只有密实地填充到骨架的粒料中,使其固结形成整体,并在合适的养生条件下养生一定时间才能形成具有一定强度的板体结构,即将松散的半刚性材料压实到合适的程度是半刚性基层材料发挥作用的前提条件。

对半刚性材料的压实,其不但与压路机型号、吨位、工作时的状态、压实遍数等有关,而且与压路机组合、配套等密切相关。基于此,本文所述为碾压机械的优化组合研究。

1 半刚性材料的压实原理

半刚性材料在压实过程中,无论是静碾压实还是振动压实,只有在土中产生的剪切应力 τ 大于土的抗剪强度 τ_f 时,才能使土颗粒重新排列,土体压密变实。其中静碾压实是利用静荷载克服松散材料中固体颗粒间的滑动摩擦力、粘附力,排出空气,使各颗粒间相互靠近。而振动压实使骨料之间的移动除要克服滑动摩擦外还要克服咬合摩擦,咬合摩擦是由于骨料与相邻骨料脱离咬合而产生的,即:

$$\varphi = \varphi_s + \varphi_b$$

式中: φ_s 为滑动摩擦角; φ_b 为咬合摩擦角。

咬合摩擦力是颗粒接触面粗糙不平形成的微细咬合力。其中颗粒间距离的微弱增长,会使微细咬合摩擦力产生很大的衰减。振动压实就是使颗粒质点间的距离产生微弱增长,使咬合摩擦力减小,导致振动轮下的粒料随着振动而挤密,同时粒料间的部分细集料也将随之压实,但部分细集料将因被挤出而

松散。

2 压路机性能分析

施工工地的碾压机械主要有振动压路机、静碾压路机和轮胎压路机。其中振动压路机有强振和弱振,即低频高振幅和高频低振幅。根据振动压实理论,低频振动具有很强的穿透能力,影响深度大,最有利于结构层中间到层底的压实,高频振动具有较高的能量,一般最有利于结构层中间到表面的密实;钢轮静碾有利于细级配材料的压实和消除轮迹,而重的静碾容易压碎骨料;轮胎压路机主要对表面颗粒搓揉,重新就位,有利于表面材料的压实,对压实度的提高作用有限。

3 碾压工艺分析

通常的碾压顺序包括初压、复压、终压三个步骤。初压是为了稳定混合料并使其具有一定的密实度,从而建立较强的承载能力,使大吨位压路机进行复压时不致产生隆起和推移,保证有较好的平整度;复压是混合料密实、稳定、成型的关键工序,主要以振动变频碾压为主,首先采用低频高振幅,使粒料基层的中、下部分密实,之后采用高频低振幅对中、上部进行压实,使上下一致密实;终压主要采用大吨位压路机,以消除轮迹和提高压实度,最后采用轮胎压路机,以形成平整的表面。故现采用的碾压工艺主要为:静压1遍,弱振碾压1遍,强振碾压若干遍,再用大吨位的静压压路机碾压1~2遍,最后胶轮碾压收面。

由“半刚性材料的压实原理”可知,振动压路机通过振动能减小咬合摩擦力,使振动轮下的粒料被挤密,将粒料间的部分细集料进一步压实,而部分细集料因被挤出而松散,由此表明多遍振动碾压,特别是多遍高频低振幅碾压,半刚性材料可能会出现粒料间的无机结合料被挤出而离析,即发生细集料和无机结合料上浮、粗集料下沉的离析;其次由“压路机性能分析”可知,在终压时半刚性基层的刚度较大,采用重吨位压路机碾压时,虽可提高基层的压实度,但重的碾压可能压碎部分粒料和对粒料造成损伤,导致粒料级配发生变化和粒料使用性能的降低。

上面分析表明,目前常用的碾压顺序需要完善,为此本研究提出新的碾压组合为:静压1遍,微振1遍,高振2遍,重的压路机静压1遍,再高振2遍,重的压路机再静压1遍,胶轮压路机收面1遍。旨在减小或消除多遍振动碾压造成离析和终压时重的压路机碾压造成集料破碎等不利影响。

为了验证上面的分析,本研究在河南省平顶山市S242 庙洪线第2 标段K105+000~K106+000 路段铺筑试验路,进行验证。

4 基层材料和压路机概况

试验路半刚性材料为三灰砂砾,配比为:水泥:石灰:粉煤灰:砂砾=1.5:4.5:14:80(质量比),砂砾级配见表1所示,所用的压路机性能见表2所示。

表1 试验路级配

筛孔 mm	37.5	31.5	19	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.075
通过率 %	96.5	75.3	67.9	49.5	32	29	26	20	0

表2 现场压实机械概况

压路机 工作参数	YZ18JC 型压路机 (静压)	YZ18JC 型压路机 (微振)	YZ18JC 型压路机 (高振)	三钢轮 压路机	YL20C 型胶轮 压路机
工作质量/t	18	18	18	21	21
静线荷载 N/cm	390	390	390		
振动频率 Hz		29	34		
激振力/kN		190	330		
工作速度 km/h	2.86	2.86	2.86	2.3	4

5 碾压工艺

由于材料的碾压必然导致收缩,为此本研究在传统碾压试验时通过检测基层材料在不同的碾压遍数下的变形量,分析碾压机械的合理性与碾压机械对材料的碾压作用机理。基于此,本研究按图1在底基层上用石灰布点,用水准仪测定各点的标高,待半刚性材料摊铺后,按图1恢复各测定位置,再用水准仪测定各布点标高,依次每碾压一遍用石灰恢复一次各布点位置并测其标高,碾压终了时测其压实度。

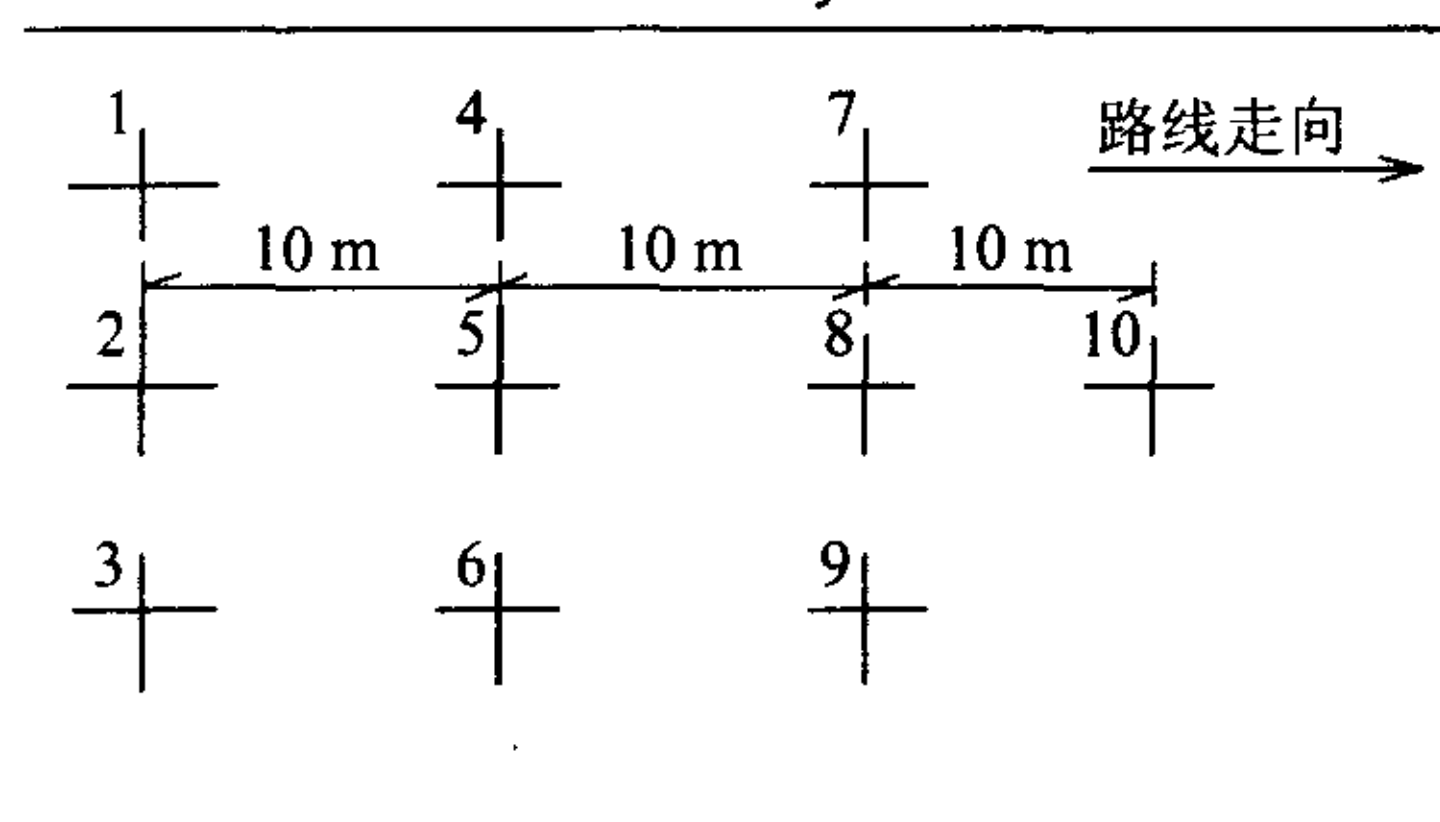


图1 试验路底基层布点情况

5.1 传统碾压的试验结果及分析

为与本研究提出新的碾压机械组合进行比较,传统碾压的强振采用4遍,即传统的施工碾压工艺为18 t 压路机静压一遍,弱振一遍,然后强振碾压4遍,再用21 t 三钢轮压路机静碾一遍,最后用21 t 胶轮压路机收面的施工工艺。所得试验数据见表3所示。

表3 碾压遍数与基层的变形值 mm

测点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
静压1遍	17	35	33	38	31	30	17	25	28	28
微振1遍	9	3	14	14	14	19	12	6	12	13
高振第1遍	9	6	6	2	7	-2	6	4	8	4
高振第2遍	-3	-4	2	1	0	7	-1	-1	0	0
高振第3遍	4	2	1	1	3	-1	5	0	2	1
高振第4遍	-3	0	0	0	0	1	-3	3	-1	3
三钢轮1遍	5	1	4	4	4	5	5	3	4	2
胶轮第1遍	0	3	1	2	0	2	2	2	2	0
胶轮第2遍	6	1	1	1	2	0	0	0	-1	0

将上面各测点在同一碾压遍数的变形值取平均值见表4和图2所示。

表 4 不同碾压遍数的变形平均值 mm

	静压 1 遍	微振 1 遍	高振 第 1 遍	高振 第 2 遍	高振 第 3 遍	高振 第 4 遍	三钢轮 1 遍	胶轮 第 1 遍	胶轮 第 2 遍
碾压 遍数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
变形值 平均值	28.2	11.6	5	0.1	1.8	0	3.7	1.4	1

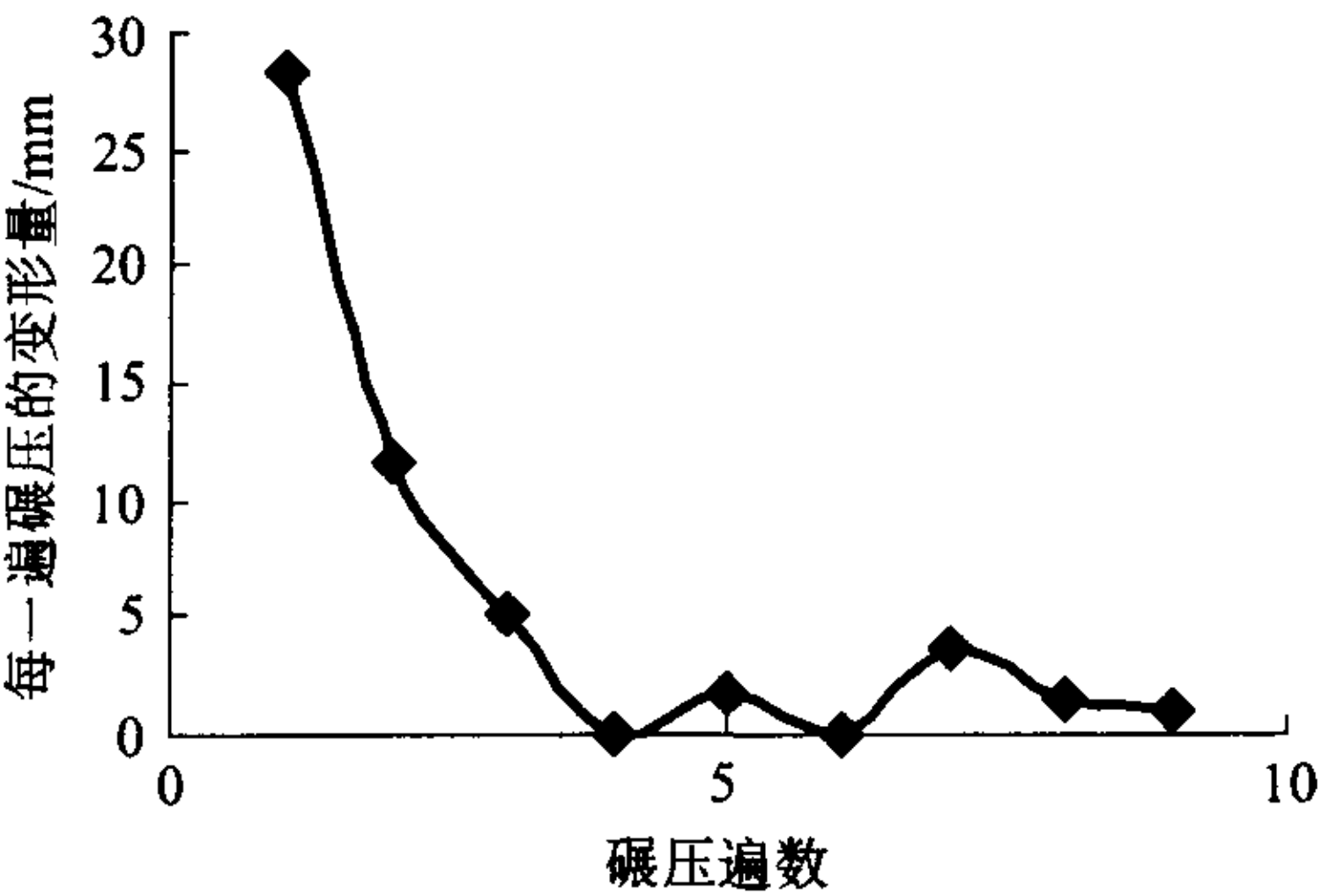


图 2 每一碾压遍数下的变形量

(1)压路机强振碾压引起土体的压实变形曲线遵循着波浪式变化,即第 1 遍、第 3 遍强振碾压使土体的变形较大,第 2 遍、第 4 遍变形较小。这是因为第 1 遍强振碾压在弱振碾压的基础上,主要对土体中上部相对较松散的粒料进行碾压,使颗粒间距变小,无机结合料进一步密实,故变形较大;第 2 遍强振碾压使粗集料的间距进一步缩小,然而填充在其间的部分细料被挤出而变散,两者变形相抵消,故变形较小;第 3 遍碾压将被挤出的松散的细集料和混合料进一步压实,故变形较大;第 4 遍碾压使细集料进一步密实,而粗集料可能发生剪切膨胀,两者变形相抵消,故变形较小。

(2)胶轮压路机收面产生的变形比第 2 遍、第 4 遍强振碾压的变形还要大,由此说明传统压实机械组合是不合理的,有必要对其进行调整。

(3)用碾压变形值作为最终控制压实度的标准是不合理的,因为振动碾压是一紧一松,不能像石方路基那样用振动一遍后的路基变形值来判定路基的压实程度。

压实终了后,用灌砂法检测压实度时发现试坑下半部集料较多,试坑上半部细集料和无机结合料较多,验证了振动碾压将使材料发生离析的分析,同时压实度只有 95%,还未达到压实要求。据现场技术人员介绍,一般要达到规范要求的 97% 压实度,压实机械的组合是先静压 1 遍,弱振 1 遍,然后强振 6 遍,

再用三钢轮压路机碾压 2 遍,最后用胶轮压路机收面。这样虽达到压实标准,但势必进一步导致粒料基层上细下粗而离析,同时部分粗集料被压碎,对工程质量产生影响。

5.2 优化碾压机械组合

理论分析和现场试验同时表明振动碾压半刚性材料产生的压实变形呈波浪式变化,为此,本研究采用碾压优化组合进行试验(碾压组合见“碾压工艺”),以期使材料的压实随碾压遍数呈直线增长。

由于较松散粒料用灌砂法难以精确测得压实度,故按上面的压实步骤从第 3 遍强振结束后开始检测压实度,每碾压 1 遍测 1 次压实度,所得的压实遍数与压实度的关系见表 5 和图 3 所示。

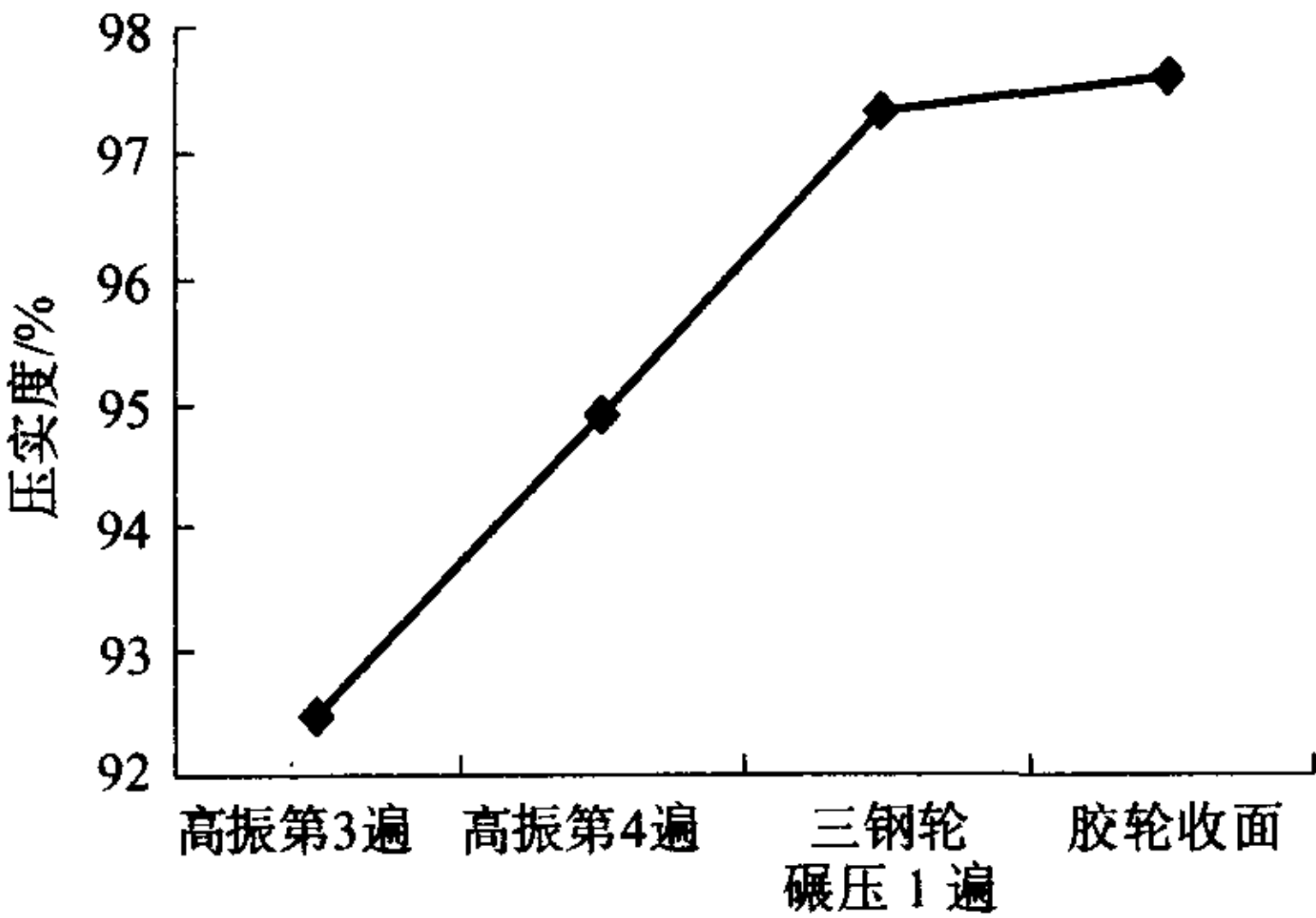


图 3 碾压遍数与平均压实度的关系

表 5 三灰砂砾基层碾压遍数与压实度的关系

桩号	压实度/%			
	高振 第 3 遍	高振 第 4 遍	三钢轮 碾压 1 遍	胶轮收面
K104+600 左	91.7	94.4	96.7	97.4
K104+600 中	92.4	95.7	97.5	97.5
K104+600 右	91.5	94.0	97.2	97.6
K104+610 左	94.2	95.1	96.8	97.0
K104+610 中	92.2	94.7	97.0	96.7
K104+610 右	91.9	96.2	97.1	98.1
K104+620 左	92.3	94.3	97.5	98.2
K104+620 中	92.5	95.4	98.5	98.0
K104+620 右	93.5	94.2	97.6	97.8
平均值	92.5	94.9	97.3	97.6

由试坑侧面和基层表面状况、表 5、图 3 等可知。

(1)试坑侧壁上、下的混合料比较均匀,同时成型后的基层表面与传统碾压有明显的不同,优化碾压的基层表面较粗糙且粒料均匀地排在基层表面,而传统碾压成型的基层表面被一薄层细料所

覆盖,即传统多遍强振碾压使混合料上细下粗,粗料下沉。其后果是:①由于半刚性基层下半部胶结料减少而使强度降低,导致基层上半部与下半部强度不均匀;②由于基层顶面的细料过多,基层与面层之间的摩擦力减小,导致沥青混凝土面层较易出现推移破坏。

(2)振动碾压到三钢轮压路机碾压压实度呈直线增长,说明这种机械组合充分利用了静碾压实和振动压实两者的优点;胶轮压路机收面碾压后的压实度均达到 97% 以上,说明这种碾压顺序完全可以达到施工要求。

6 结论

理论分析和试验结果同时表明,传统的多遍强振碾压机械组合将使基层材料的细集料和无机材料上升,粗集料下沉,从而导致基层下半部与上半部的强度不均匀,细集料和无机结合料上升使基层表面光滑,面层容易发生推移破坏。

优化的碾压机械组合充分利用了静碾压实和振动压实机械的优点,不但可以克服传统碾压机械组合的缺点,而且压实度随压实遍数呈直线增长,较易达到规范要求。

Research on Optimal Combination of Compacting Plant to Semi-Rigid Base Materials

WU Chao-fan^{1,2}, SHEN Ai-qin¹, WANG Bing-gang¹

(1. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, China;

2. The First Highway Survey and Design Institute of China, Xi'an 710065, China)

Abstract: Compacting mechanism to semi-rigid base materials and properties of compacting plant and technics of roller compaction are analyzed, it is found that the base materials are not uniform up and down, and aggregates are crushed in the traditional combination of compacting plant. Then new combination of compacting plant is put forward, through testing it not only overcomes the disadvantages of traditional combination of compacting plant, but also have the advantage of reaching required degree of compaction easily.

Key words: compacting mechanism; combination of compacting plant; degree of compaction

《江苏交通工程》征稿启事

为进一步提高办刊水平,扩大影响范围,《江苏交通工程》(双月刊),苏新出准印JS—S263)现面向全体交通建设者征集优秀稿件。

稿件内容包括公路、城市道路、桥梁、隧道、港口、航道、船闸、码头、建筑、交通工程及其沿线设施的规划、科研、勘察、测量、设计、咨询、施工、检测、监理、管理;相关软件的开发应用;以及国内外交通建设方面的新理论、新工艺、新材料、新方法、新技术、科技信息动态等。

热忱感谢各界人士长期以来对《江苏交通工程》的大力支持。《江苏交通工程》将竭诚为广大读者提供良好的服务。

《江苏交通工程》编辑部联系地址:南京市中山南路 342 号,江苏省交通规划设计院科研管理处;联系电话:025—84202066—8519;Email:jsjtgc@jsjty.com。