

文章编号:1671-8879(2007)01-0011-04

半刚性基层材料的碾压机械优化组合

吴超凡^{1,2}, 申爱琴¹, 王秉纲¹

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

摘要:针对传统的碾压机械组合使基层上下材料不均匀和压碎集料的缺点,分析了半刚性材料的压实原理、压路机的性能和碾压工艺,由此提出新的压实机械组合,即静碾压和振动碾压交错组合,以及压路机先轻后重的碾压工艺。理论分析与现场试验同时表明,新的压实机械组合可以克服传统碾压机械组合的缺陷,并具有基层表面比较粗糙、比传统碾压组合更易达到预定压实度等优点。

关键词:道路工程; 半刚性基层材料; 压实机理; 碾压机械组合; 压实度

中图分类号:U416.1 文献标志码:A

Optimal combination of compacting machineries on semi-rigid base material

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

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

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

Abstract: The compacting mechanism to semi-rigid base material and the property of compacting machineries and the technic of compaction roller are analyzed. The traditional compacting method has the defects of asymmetry in the up to down base material, and the macadam is often crashed. A new combination of compacting machineries that according to the principle of light roller firstly then heavy one, and the static and dynamic rollers are used staggerly, is put forward. The analyzing and testing results show it can overcomes the disadvantage of traditional combination of compacting machineries, and it is easy to reach the required compaction degree. 5 tabs, 3 figs, 9 refs.

Key words: road engineering; semi-rigid base material; compacting mechanism; combination of compacting machineries; compaction degree

0 引言

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,不但与压路机型号、吨位、工作时的状态和压实遍数等有关,而且与压路机

的组合和配套等密切相关。基于此,本文将对碾压机械的优化组合进行研究。

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和粘附力,排出空气,使

各颗粒间相互靠紧;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,咬合摩擦是由骨料与相邻骨料脱离咬合而产生的,即

$$\varphi=\varphi_u+\varphi_l$$

式中: φ_u 为滑动摩擦角; φ_l 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,从而使咬合摩擦力减小,导致振动轮下的粒料随着振动而挤密,粒料间的部分细集料将随之压实,但部分细集料也将因被挤出而松散^[1~4]。

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。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,但对压实度的提高有限。

3 碾压工艺分析

通常的碾压顺序包括初压、复压和终压 3 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、稳定和成型的关键工序,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为:静压 1 遍,弱振碾压 1 遍,强振碾压若干遍,再用大吨位的压路机静碾 1~2 遍,最后用胶轮收面。

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,特别是多遍低频高振幅碾压,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。而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。

以上分析表明,目前常用的碾压顺序需要完善。为此本文提出新的碾压组合为:静压 1 遍,弱振 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,胶轮收面 1 遍。旨在减小或消除多遍振动碾压造成集料离析和终压时重的压路机碾压造成集料破碎等不利影响。

为了验证以上分析,在河南省 S242 庙-洪线第二标段 K106+000~K105+000 铺筑试验路进行本研究^[5~7]。

4 基层材料和压路机性能

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

表 1 试验路级配

筛孔/mm	37.50	31.50	19.00	9.50	4.75	2.36	1.18	0.60	0.075
通过率/%	96.5	75.3	67.9	49.5	32.0	29.0	26.0	20.0	0

表 2 现场压路机械性能

压路机性能	YZ18JC 型 压路机 (静压)	YZ18JC 型 压路机 (弱振)	YZ18JC 型 压路机 (强振)	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 ⁻¹)	390	390	390		
振动频率/Hz		29	34		
激振力/kN		190	330		
工作速度/ (km·h ⁻¹)	2.86	2.86	2.86	2.30	4.00

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,由水准仪测定各布点的标高,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的标高,依次每碾压 1 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^[8~9]。

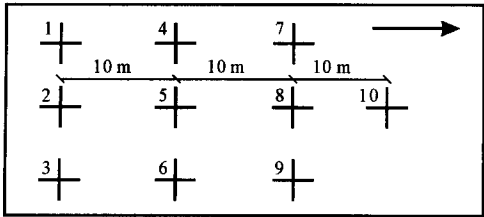


图1 试验路底基层布点情况(箭头方向为路线走向)

5.1 传统碾压的试验结果及分析

为与本文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 1 遍,弱振 1 遍,然后强振碾压 4 遍,再用 21 t 三钢轮静碾 1 遍,最后用 21 t 胶轮压路机收面的传统施工碾压工艺。所得试验数据见表 3。

表 3 碾压遍数与基层的变形值 mm

碾 压	测 点									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
静压 1 遍(A)	17	35	33	38	31	30	17	25	28	28
弱振 1 遍(B)	9	3	14	14	14	19	12	6	12	13
强振 1 遍(C)	9	6	6	2	7	-2	6	4	8	4
强振 2 遍(D)	-3	-4	2	1	0	7	-1	-1	0	0
强振 3 遍(E)	4	2	1	1	3	-1	5	0	2	1
强振 4 遍(F)	-3	0	0	0	0	1	-3	3	-1	3
三钢轮 1 遍(G)	5	1	4	4	4	5	5	3	4	2
胶轮 1 遍(H)	0	3	1	2	0	2	2	2	2	0
胶轮 2 遍(I)	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列于表 4,碾压变形量如图 2 所示。

表 4 不同碾压的平均变形值

碾 压	A	B	C	D	E	F	G	H	I
平均值/mm	28.2	11.6	5.0	0.1	1.8	0	3.7	1.4	1.0

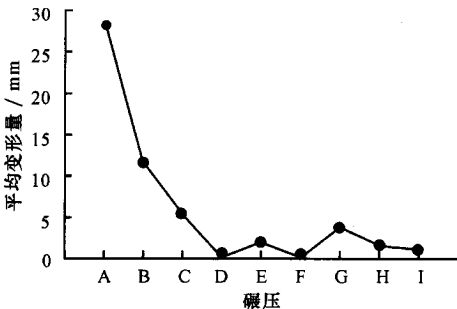


图2 碾压与平均变形量的关系

由图 2 可知:

(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,即强振 1 遍、强振 3 遍强振碾压使土体的变形较大,强振 2 遍、强振 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;强振 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;强振 3 遍碾压将被挤出松散的细集料和混合料进一步压实,故变形较大;强振 4 遍碾压使细集料进一步碾压,而粗集料可能发生的剪切膨胀,两者变形相抵消,故变形较小。

(2)胶轮收面产生的变形比强振 2 遍、强振 4 遍的变形还要大,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碾压 1 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粗集料较多,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 97% 压实度要求,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显示波浪式变化,为此,本研究采用碾压优化组合进行试验,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 遍测一次压实度,所得的压实遍数与压实度的关系见表 5 和图 3 所示。

由试坑侧壁和基层表面状况、表 5 和图 3 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少,导致沥青面层较易出现推移破坏。

表 5 三灰砂砾基层碾压遍数与压实度的关系 %

桩 号	压实度			
	振压 3 遍	振压 4 遍	三钢轮 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
压实度平均值	92.5	94.9	97.3	97.6

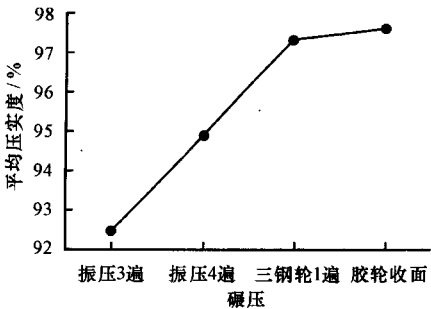


图 3 碾压遍数与平均压实度的关系

(2)振动碾压到三钢轮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目的。

6 结 语

(1)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提,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提使基层表面光滑,面层容易发生推移破坏。

(2)采用静碾压和振动碾压组合,压路机按先轻后重的原则,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,并具有基层表面粗糙、压实度随压实遍数呈直线增长的优点。

(3)达到规范的压实要求,优化组合的碾压遍数一般比传统的碾压组合少 2 遍强振动碾压。

(4)由于振动碾压将使半刚性基层材料“一紧一松”,故不能用碾压变形值作为基层最终控制压实度的标准。

参考文献:
References:

[1] 杨人凤,张永新,赵新荣.土的冲击压实试验研究[J].中国公路学报,2003,16(3):31-34.
YANG Ren-feng, ZHANG Yong-xin, ZHAO Xin-rong. Research on test of impact compaction about soil[J]. China Journal of Highway and Transport, 2003,16(3):31-34.

[2] 杨人凤,张永新,杨云岭.冲击振动联合作用下土的压实机理试验[J].长安大学学报:自然科学版,2003,23(3):64-66.
YANG Ren-feng, ZHANG Yong-xin, YANG Yun-ling. Test for soil compaction principle under the co-operation of impaction and vibration [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2003, 23(3):64-66.

[3] 陈新轩.轮胎压路机压实热拌沥青混合料的机理和作用[J].长安大学学报:自然科学版,2003,23(5):49-51.
CHEN Xin-xuan. Mechanism of pneumatic roller compact on asphalt mixture [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2003,23(5):49-51.

[4] 支喜兰,江晓霞,沙爱民.路面基层振动碾压作用下的底基层应力[J].长安大学学报:自然科学版,2003,23(3):33-36
ZHI Xi-lan, JIANG Xiao-xia, SHA Ai-min . Pavement subbase course stress by vibrating compaction on course[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2003,23(3):33-36.

[5] 王春正,谢 灏.冲击压实在地基工程中的应用[J].筑路机械与施工机械化,2005,22(1):50-51.
WANG Chun-zheng, XIE Hao. Application of impact compacting to subgrade engineering[J]. Road Machinery & Construction Mechanization, 2005,22(1):50-51.

[6] 沙庆林.公路压实和压实标准[M].北京:人民交通出版社,1998.

[7] 王宏畅,黄晓明,付 智.半刚性基层表面裂缝影响因素[J].交通运输工程学报,2005,5(2):38-41.
WANG Hong-chang, HUANG Xiao-ming, FU Zhi. Influence factors on surface crack of semi-rigid base course[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2005,5(2):38-41.

[8] 吴超凡.三灰砂砾综合路用性能研究[D].西安:长安大学,2004.

[9] JTJ 052-2000,公路工程无机结合料稳定材料试验规程[S].