

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2023.05.033

水泥土抗裂性能的影响因素分析

陈柯¹,梁爽^{1*},赵振国¹,张海涛²

(1.黑龙江省公路勘察设计院,黑龙江 哈尔滨 150080;2.东北林业大学 土木工程学院,黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要:为了研究水泥土的抗裂性能,对混合料试件的搅拌与成型方式进行对比试验。该文采用振动搅拌和传统搅拌两种方式,静压成型和碾压成型两种形式。对不同拌和方式和不同成型方式的水泥土试件进行干缩试验和温缩试验以研究其抗裂性能的影响因素。综合试验结果表明:振动拌和水泥土的干缩系数与温缩系数比传统拌和的干缩系数与温缩系数小,说明振动拌和水泥土中水泥能较均匀地分布在土颗粒中,能更好地发挥其水泥胶结作用,使土颗粒之间形成一个整体,提高其抗裂性能。在不同成型方式下,碾压成型试件的干缩(温缩)系数比静压成型的干缩(温缩)系数小,碾压成型对改善水泥土的抗裂性能有较大作用。试验过程中使用碾压成型的方式比较接近工程实际的压路机碾压方式。

关键词:振动搅拌技术;水泥土;碾压成型;抗裂性能;影响因素

中图分类号:U414

文献标志码:A

0 引言

中国公路发展迅猛,公路总里程排世界第一位。基层材料中,半刚性基层尤其是水泥稳定类基层由于具有强度高、抗疲劳性好、整体性好、原材料较为丰富的优点,在道路中应用十分广泛。但是半刚性基层较为突出的不足之处是基层易出现收缩裂缝,导致路面的耐久性大大下降。这一问题一直都受到专家学者的广泛关注与研究,如对材料组分、级配和配合比、基层结构、强度发展规律、路用性能等方面进行研究^[1-2]。在级配与配合比方面,于锐^[3]提出水泥稳定碎石的配合比设计要综合考虑交通情况,从压实度,公路等级等方面进行优化设计;彭波等^[4]采用逐级填充法和I法确定级配,用无侧限抗压强度试验确定细集料用量,并提出了用D-R评价级配;张学超^[5]从提高施工质量的角度说明了进行配合比设计的注意事项和要点方法;洪艺勇^[6]对比英国规范要求与中国规范要求,得出中国规范与英国规范配合比设计方法存在区别,但施工

工艺基本一致的结论。在收缩方面,张登良等^[7]对基层材料进行了收缩试验,证明可以通过在水泥稳定碎石中加入集料减少温缩和干缩量;已有研究结果显示,细集料的含量越大,干缩越大,也发现在其他条件相同时,存在最佳水泥剂量使得收缩最小;杨敏等^[8]通过一系列的试验分析得出,粉煤灰加入水泥土中,会使水泥土的无侧限抗压强度增大,并改善其温缩性能。在试件成型方式方面,蒋应军^[9]通过室内试验和现场取芯试验,发现振动法与静压法成型的试件相比,振动法做出的试件试验结果与取芯得出的结果更为接近。在强度发展规律方面,李珊等^[10]分析了水泥土的强度形成机理和干缩裂缝形成的时间因素,指导了基层和底基层施工。综上所述,水泥土的抗裂性影响因素主要是材料的性质与土的级配,水泥用量、添加剂的不同和试件的成型方式等方面,但是对水泥土混合料拌和方式鲜有试验研究,传统拌和方式主要采用强制二次拌和,常规试验室成型方式采用静压成型方式^[11-12],该文采用振动搅拌、碾压成型方式对水泥土混合料进行研究。

收稿日期:2022-05-17(修改稿)

基金项目:黑龙江省交通运输厅重点项目(编号:HJK2016B005)

作者简介:陈柯,男,博士,研究员级高工.E-mail:chenke1973@sohu.com

*通信作者:梁爽,男,硕士,工程师.E-mail:liangshuang_2018@163.com

1 原材料性质

1.1 水泥

试验所用的水泥为P.O 42.5水泥,经试验符合规

范要求。水泥试验结果如表1所示。

1.2 土

试验用土为低液限粉质黏土,取自黑龙江哈尔滨地区,试验土的主要物理性质指标如表2所示。

表1 水泥试验结果

项目	凝结时间/min		安定性/ mm	3 d强度/MPa		标准稠度 用水量/%
	初凝	终凝		抗折强度	抗压强度	
试验结果	240	430	1.7	4.5	32.4	28.7
规范要求	≥180	360~600	<5.0	≥3.5	≥17.0	—

表2 土的物理性质指标

天然含水率/%	液限/%	塑限/%	塑性指数	密度/ (g·cm ⁻³)	不均匀系数
20.3	33.8	20.6	13.2	2.60	12.9

2 水泥土配合比设计

试验水泥土中水泥的含量为10%,采用重型击实试验确定水泥土的最佳含水量,击实曲线如图1所示。

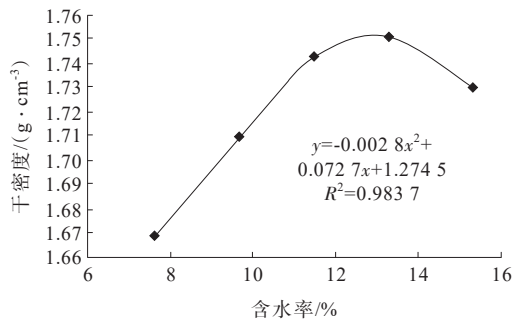


图1 水泥土击实曲线

由图1可知:在水泥剂量为10%时水泥土的最佳含水量为13%,最大干密度为1.75 g/cm³。

3 试件拌和与成型方法

3.1 试件拌和方式

水泥土混合料的拌和方式采用振动拌和与传统拌和两种方式,传统拌和主要采用强制搅拌方式(人工手动搅拌方式),振动拌和即是在常规拌和条件下添加振动作用,使水泥胶结材料能更好地分散在土颗粒周围^[13-16]。改装振动搅拌装置如图2所示。

3.2 试件成型方式

碾压成型试件制备过程参照沥青混合料试验规



图2 改装振动搅拌装置

程中轮碾法成型沥青混合料试件的方法。试件尺寸为300 mm×300 mm×50 mm。首先将试模底部和侧面铺上大小合适的纸张,并涂油,装上已经备好的试料,用小锤由边至中分层捣实,使中间稍凸出,放入车辙试件成型仪上,安装稳定后,采用常温碾压。在碾压过程中根据以往经验,碾压144次能使混合料达到规定的压实度,在试件碾压过程中为了使试件压实均匀,先碾压24次再换另外的方向碾压120次,得到压制完成的试件,并标出碾压方向^[17-19]。试件如图3所示。



图3 碾压成型试件

静压成型试件的尺寸为300 mm×300 mm×50 mm。试验采用液压式万能试验机压件。试件如图4所示。



图4 静压成型试件

4 抗裂性能试验研究

4.1 水泥土干缩试验

依据试验规程进行干缩温缩试验。试件在标准养生箱中养生 6 d, 浸水 1 d 后, 将试件表面水擦干并称取质量, 用游标卡尺测试长度, 取靠近试件边缘两次, 中部一次, 测量长度。然后将试件放在室内干燥阴凉处。一周内每天进行一次长度和质量的测量, 一周后每两天读数一次长度并称取质量。水泥土试件是将 300 mm×300 mm×50 mm 的板形试件切割成 150 mm×300 mm×50 mm 的试件, 量测的边为短边。直接使用公法线千分尺测量。

对常规拌和与振动拌和两种不同拌和方式的混合料以及静压成型和碾压成型两种成型方式的试件进行干缩试验。经过 30 d 的数据测量, 整理后得到水泥土干缩试验结果如图 5、6 所示。

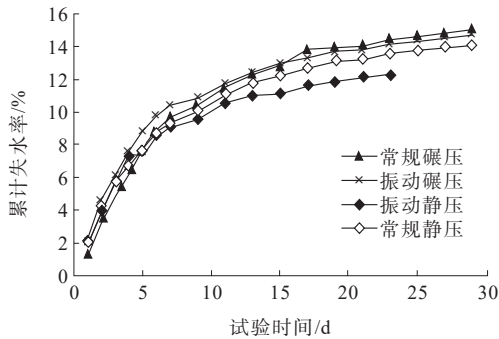


图 5 水泥土干缩失水率-时间关系曲线

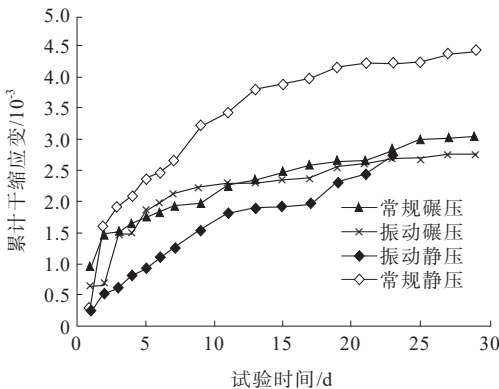


图 6 水泥土干缩应变-时间关系曲线

从图 5 可以看出: 两种不同拌和方式和成型条件下最终失水率大小关系为: 常规碾压>振动碾压>常规静压>振动静压, 总体看来失水率初始时迅速增长, 后期趋于平稳。10 d 后, 静压下的振动搅拌水泥土失水率较常规有明显减小; 15 d 后, 碾压成型试

件振动搅拌失水率较常规搅拌略小, 静压成型试件失水率均较碾压成型小。

由图 6 可知: 干缩应变随着时间和失水率的增加而增长, 最后增长趋于平稳。振动静压试件的干缩系数较常规静压小, 15 d 后, 振动碾压试件干缩应变均较常规碾压小, 由此说明振动搅拌技术能提高水泥土的干缩性能, 碾压成型方式可提高水泥土抗裂性。

水泥土总干缩系数见图 7。

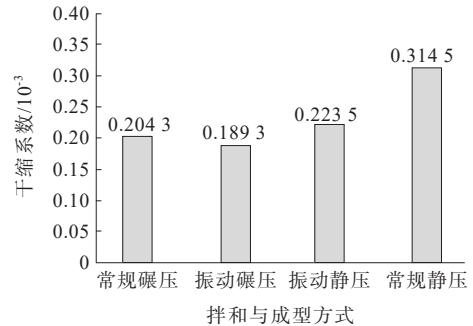


图 7 水泥土总干缩系数

由图 7 可知: 总干缩系数大小关系为: 常规静压>振动碾压>常规碾压>振动碾压, 振动搅拌试件的干缩系数均小于常规拌和碾压所得总干缩系数, 再次证明采用振动搅拌技术得到的水泥稳定类基层相对常规搅拌得到的基层材料在相同的失水条件下产生的干缩小。

对比图 6、7 可知: 在同种环境下, 振动搅拌会使混合料的干缩应变减少, 并且较小的干缩系数反映出振动搅拌还可以降低材料对于失水的敏感性, 会使材料在失水相同时, 有更小的收缩变形。这可能是由于混合料在振动搅拌的作用下会使原本成块的水泥块分散开, 使水泥与水的水化作用更加充分, 使得水化产物能更好地裹附在集料上, 在振动状态下搅拌还可以使混合料不再出现局部搅拌不均的现象, 使得细集料与粗集料充分拌和, 混合料更加均匀, 最终形成的材料也会更加密实, 抗裂性增强。

4.2 水泥土温缩试验

将已经烘干至恒重的试件放入烘箱, 烘箱调成 60℃, 用温度计测量烘箱内温度, 当烘箱内温度达到 60℃时开始计时, 保温 3 h, 3 h 结束前 5 min 内将试件取出, 测量试件的长度, 仍然沿着同一个方向进行测量, 取 3 次平均数。再将温度调至 50℃、40℃、30℃、20℃、10℃最后将试件置于冰箱中调至 -10℃, 每次均保温 3 h 并测量其长度变化。

对比两种成型方式下的振动搅拌与传统搅拌技

术下的温缩试验数据,经过整理和计算,得到温缩试验结果如图8所示。

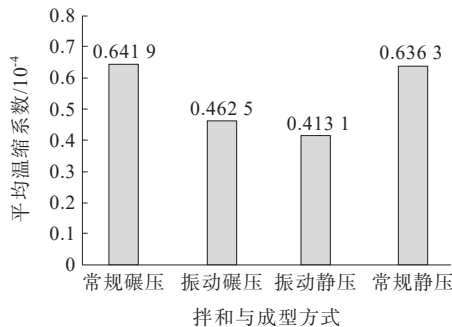


图8 水泥石平均收缩系数对比图

由图8可以看出:

(1) 水泥石温缩系数大小关系:常规碾压>常规静压>振动碾压>振动静压。

(2) 比较分析振动与非振动搅拌的水泥石温缩系数关系,仍然满足常规碾压>振动碾压水泥石温缩系数和常规静压水泥石温缩系数>振动静压水泥石温缩系数的关系,说明振动搅拌可以改善混合料的温缩性能。

对比水泥石的碾压与静压成型下振动与常规搅拌方法的温缩系数,发现无论何种成型方式,振动搅拌所得试件温缩系数均小于常规搅拌,这也说明了振动搅拌技术改善了水泥稳定类基层材料的温度敏感性,在铺筑沥青混凝土面层后基层收缩的减少对道路质量的提高有一定意义。使用静压成型试件可以观察到更明显的振动与常规搅拌的差距,具体何种成型方式更接近实际工程还需要进一步研究。

5 结论

(1) 对比研究水泥石材料分别采用振动与常规搅拌、碾压与静压两种成型方式下的干缩与温缩试验结果可知:无论何种拌和方式与成型方式,混合料的干缩应变均会随着龄期的增长而增长。

(2) 振动搅拌水泥石干缩应变总干缩系数、温缩系数均小于常规搅拌,表明振动搅拌技术可以减少材料在同样环境下的干燥收缩和温缩,对失水和温度变化的敏感性减小,抗裂性增加,使其裂缝减少,能够提高道路耐久性,对工程应用具有一定的指导意义。

(3) 试验采用沥青混合料车辙成型仪成型水泥石试件,可有效地与工地压路机碾压成型方式接近,更贴近于实际应用,并且也从试验数据中得出碾压

试件的抗收缩性能比静压成型试件好,有利于提高水泥石的抗裂性能。

参考文献:

- [1] 薛少青. 振动搅拌对水泥稳定碎石性能影响的试验研究[D]. 西安: 长安大学, 2016.
- [2] 冯忠绪, 王新亚, 冯建生. 水泥稳定碎石基层耐久抗裂振动搅拌技术与工程应用(上)[J]. 工程机械, 2016, 47(4): 1-7, 17, 92.
- [3] 于锐. 水泥稳定碎石基层配合比优化设计[J]. 科技展望, 2017, 27(14): 21-22.
- [4] 彭波, 尹光凯, 李海宁, 等. 骨架密实型水泥稳定碎石级配设计与分形评价[J]. 中外公路, 2016, 36(3): 284-288.
- [5] 张学超. 水泥稳定碎石配合比设计与施工质量控制[J]. 江西建材, 2016(22): 171-173.
- [6] 洪艺勇. 英国规范要求下水泥稳定碎石基层的配合比设计与施工[J]. 江西建材, 2017(11): 152-153.
- [7] 张登良, 郑南翔. 半刚性基层材料收缩抗裂性能研究[J]. 中国公路学报, 1991, 4(1): 16-22.
- [8] 杨敏, 程金科, 庞英, 等. 粉煤灰对水泥石的强度及温缩性能影响初步研究[J]. 贵州工业大学学报(自然科学版), 2005, 34(3): 138-142.
- [9] 蒋应军. 水泥稳定碎石基层收缩裂缝防治研究[D]. 西安: 长安大学, 2001.
- [10] 李珊, 王恩泽. 浅谈水泥稳定土强度形成机理及影响因素[J]. 黑龙江科技信息, 2011(29): 293.
- [11] 冯忠绪, 王新亚, 冯建生. 水泥稳定碎石基层耐久抗裂振动搅拌技术与工程应用(下)[J]. 工程机械, 2016, 47(5): 1-8.
- [12] GEORGE K P. Shrinkage cracking of soil-cement base, theoretical and model studies[J]. Highway Research Record, 1971(35): 115-133.
- [13] LEPERT P, POILANE J P, BATS-VILLARD M. Evaluation of various field measurement techniques for the assessment of pavement interface condition[C]//International Conference on Asphalt Pavements, 1992.
- [14] MA Q H, QU M Y, XU X S, et al. Influence of layered materials on properties of cement stabilized macadam[J]. Advanced Materials Research, 2015, 1095(1): 254-257.
- [15] 冯建生. 水泥稳定碎石基层耐久抗裂的振动搅拌技术的研究与应用[D]. 西安: 长安大学, 2015.
- [16] 朱学文. 水泥稳定碎石基层沥青路面裂缝的防治措施[J]. 交通世界, 2017(12): 48-49.
- [17] 隋姗姗, 韩琪. 路面基层材料水泥稳定沙砾抗冻性研究[J]. 森林工程, 2011, 27(2): 77-79.
- [18] 朱文强. 冻融条件下水泥稳定碎石力学性能变化规律试验研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2015.
- [19] 李新海. 水泥稳定材料养生期收缩特性研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2010.