

# 振动对水泥稳定碎石搅拌过程和性能的影响

张良华

潍坊市市政工程股份有限公司

**摘要:**近年来,我国的公路工程建设越来越多,对水泥稳定碎石半刚性基层材料的应用也越来越广泛。为了提高水泥稳定碎石半刚性基层材料的抗裂性能,通过振动搅拌与普通强制搅拌的对比试验,研究了不同搅拌方式对水泥稳定碎石半刚性基层材料干缩、温缩系数的影响。研究表明,振动搅拌技术使得水泥稳定碎石半刚性基层材料的干缩、温缩系数都有所减小,在一定程度上提高了水泥稳定碎石半刚性基层材料的抗裂性能。

**关键词:**道路工程; 振动搅拌; 对比试验; 水泥稳定碎石

## 一、振动搅拌技术原理

振动搅拌技术的原理就是将激振器引入到普通搅拌机之中,利用传动装置来发挥振动轴的振动作用,从而就可以在强制搅拌水泥稳定碎石混合料的过程中,让混合料颗粒受到振动作用。这种状态下,在振动作用的影响下混合料颗粒会明显提升运动速度,从而彼此间的碰撞频率与碰撞强度都会大大提升,而因为受到这种作用力,水泥浆和细集料都会在粗骨料表面呈现出均匀分布状态。从而就会在提速水泥水化反应的同时,让水泥稳定碎石改变自身内部微观结构。

## 二、试验设备

试验设备为公称容量60L的双卧轴振动搅拌机。双卧轴振动搅拌机主要由搅拌驱动机构、振动驱动机构、搅拌缸、激振器、同步装置、传动装置等组成。搅拌驱动电机驱动2根搅拌轴反向同步转动,强制推动物料在搅拌缸内轴向和轴间循环运动;振动驱动电机驱动振动传动轴高速转动,强迫与之偏心连接的搅拌轴及其叶片产生周期振动,在对混合料进行强制搅拌的同时,搅拌轴和搅拌叶片把振动能量施加到与之相接触的混合料中。同时启动搅拌电机和振动电机时,就是振动与常规搅拌相结合的振动搅拌;只启动搅拌电机,就是常规搅拌。

## 三、试验方法

试验分为3个部分:首先采用水泥掺量为5%(质量分数,下同)的C-B-1型混合料进行常规搅拌和振动搅拌过程的对比试验,通过分析搅拌过程中搅拌功率的变化规律来研究混合料各组分的演变过程以及振动对水泥稳定碎石性能的影响规律;其次,对掺量分别为2%、3%、4%和5%水泥的C-B-1型混合料和C-B-3型混合料进行振动搅拌和常规搅拌对比试验,分析2种搅拌方式对水泥稳定碎石强度的影响以及水泥用量与抗压强度间的关系,并分析同强度时2种搅拌方式材料的水泥用量之间的关系,同时对养护后的材料试件进行SEM分析以确定振动搅拌对水泥稳定碎石微观结构的影响;最后进行振动搅拌与常规搅拌的水泥稳定碎石干缩性能对比试验,采用对搅拌质量更为敏感的水泥掺量为5%的C-B-1型混合料进行研究。

## 四、试验结果分析

### (一) 不同搅拌方式对水泥稳定碎石基层材料干缩性能的影响

本试验对振动搅拌与普通搅拌2种不同搅拌方式下水泥稳定碎石基层材料的干缩性能进行研究。分析试验结果可得出:振动搅拌试件的总干缩系数明显小于普通搅拌试件的总干缩系数。这说明在自然条件下,相对于普通搅拌,振动搅拌技术可以提高水泥稳定碎石混合料的抗干缩性能。

### (二) 干缩性能对比试验

混合料中的粗集料在干缩性能中是一个稳定且有利的因素,

而细集料、水和水泥是水泥水化与蒸发失水的主要载体,是材料干缩性能的不利因素,其干燥收缩性能对搅拌质量更为敏感,因此试验选择的粗集料较少,细集料、水泥与水相对占比较多的C-B-1型级配进行试验,更能直观反映振动搅拌对水泥稳定碎石干缩性能的影响。不同搅拌方式下制成的水泥稳定碎石混合料,按照相同的标准制备400mm×100mm×100mm的中梁试件,在温度20℃±1℃和湿度98%条件下养生6d后,饱水24h,然后在温度20℃±1℃环境下自然风干,为了研究不同搅拌方式制成试件的失水率和干缩系数随龄期的变化,每天都读千分表1次并称量标准试件的质量,连续不间断测量21d直至干缩系数变化基本趋于稳定为止,测试结果见表1和图1。

表1 21d干缩试验结果

搅拌方式	平均最大干缩应变/ $10^{-4}$	平均21d失水率/%	平均干缩系数/ $10^{-3}$	平均干缩系数变异系数/%
振动	2.09	3.72	5.62	18
常规	2.63	3.80	6.91	25

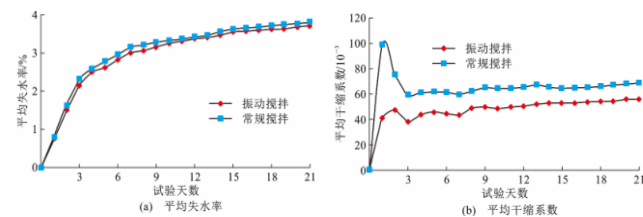


图2 连续21d平均失水率和平均干缩系数

由表1可知:试验结果的平均干缩系数变异系数均小于30%,同一种水泥稳定碎石混合料在不同搅拌方式下的干缩性能有显著差异。振动搅拌混合料试件的最大干缩应变变量要比常规搅拌混合料少20.4%,平均干缩系数要比常规搅拌混合料少18.7%;同时常规搅拌试件干缩应变的变异性较大,表明其各试件间的材料收缩差异性更大。由图1(a)可知:干燥收缩试验1d,混合料主要失去的是自由水,在这个时期各组试件的失水率相差不大,常规搅拌试件只比振动搅拌试件多失水0.03%,但随着试验进行到后期,常规搅拌的混合料失水率要高于振动搅拌,表明这期间常规搅拌的试件失水速率要比振动搅拌的快。

## 结束语

综上所述,干缩量不再增加时,振动搅拌试件的干缩总变形量相比普通搅拌试件减少,且振动搅拌试件的总干缩系数明显小于普通搅拌试件的总干缩系数,说明在自然条件下,相对于普通搅拌,振动搅拌技术可以提高水泥稳定碎石混合料的抗干缩性能。无论是干燥条件还是最佳含水量条件下,振动搅拌技术都可以提高水泥稳定碎石混合料的抗温缩性能,但在干燥条件下没有在最佳含水量条件下的效果显著。

## 参考文献

[1] 张海涛,梁爽,杨洪生. 水泥稳定碎石振动搅拌技术与性能研究[J]. 科学技术与工程, 2017, 17(21): 303-306.  
 [2] 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.