

## 水稳碎石材料微裂损伤程度控制研究

杨磊

(廊坊市公路工程管理处, 河北 廊坊 065000)

**摘要:** 为研究微裂技术对基层材料微裂损伤程度的控制,通过振动压实成型不同养生龄期试件进行抗压强度试验,根据抗压强度降低百分率反映水稳碎石试样的微裂损伤程度,分析养生 1、2 和 3 d 后进行微裂的试样的振动时间与微裂损伤程度的关系,确定了振动压实仪一定振动参数下不同水泥剂量水稳碎石材料在不同养生龄期的微损伤程度所对应的振动时间。

**关键词:** 公路;半刚性基层;水稳碎石;微裂技术;损伤程度

**中图分类号:** U418.5

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-2668(2017)05-0102-03

水泥稳定碎石多年来一直是中国公路半刚性基层所用主要材料。由于半刚性基层产生收缩裂缝在所难免,不少学者对如何减少或减轻收缩裂缝严重程度进行研究,奥地利 Litzk J. 等于 1995 年提出采用微裂技术减轻或减少水泥稳定类基层反射裂缝。该技术是在水泥稳定类基层摊铺、碾压完成并经过较短的养护时期(一般为 1~3 d)后,用振动压路机碾压水泥稳定类基层使其产生微细裂缝网络,以免水泥稳定材料由于自身收缩产生严重的宽或长裂缝。目前,微裂技术室内试验研究中几乎没有关于如何控制基层材料微裂损伤程度方面的研究。为此,该文通过微裂损伤程度控制试验,分析振动压实仪一定振动参数下水稳碎石在不同影响因素下的微裂损伤程度与振动时间的对应关系,为微裂技术研究奠定基础。

## 1 原材料性能及混合料设计

### 1.1 原材料

选用天津水泥厂生产的矿渣硅酸盐水泥 P.O32.5。集料来自于沧州市吴桥公路站料场,粒径分为 0~5、5~10、10~20、20~30 mm 4 档,其技术指标均满足相关规范的要求。集料级配见表 1,经室内筛分后按各筛孔的用量逐级回配得到。

### 1.2 最大干密度和最佳含水量

大量研究和工程实践表明,重型击实试验方法所求最大干密度与公路施工振动碾压实际情况有一定差距,而通过振动击实试验所求得的最大干密度更接近于施工现场振动碾压实际情况。因此,依据 JTG E51-2009《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》中的振动击实方法确定水泥稳定碎石混合

**表 1 水泥稳定碎石所用集料的级配**

筛孔孔径/mm	通过百分率/%	级配范围/%
31.500	100.0	100
26.500	96.8	90~100
19.000	89.0	72~89
9.500	67.0	47~67
4.750	39.0	29~49
2.360	26.0	17~35
0.600	15.0	8~22
0.075	3.5	0~7

料的最大干密度及对应的最佳含水量。试验前先调节振动压实仪的振动参数,对无机结合料稳定材料一般选用静压力 1 900 N、激振力 6 800~6 900 N、振动频率 28~30 Hz 的振动击实条件,试验过程按规范要求进行。振动击实试验所得不同水泥剂量下水泥稳定碎石混合料的最大干密度和最佳含水量见表 2。

**表 2 振动击实试验结果**

水泥剂量/%	最大干密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	最佳含水量/%
3	2.397	4.23
4	2.402	4.10
5	2.405	4.20

## 2 水稳碎石微裂损伤程度控制试验研究

### 2.1 微裂损伤程度控制试验过程

在微裂损伤程度试验研究过程中,需制备大量不同微裂损伤程度试样并测定其强度。微裂后试样的抗压回弹模量测量相对繁琐、耗时较长,而且易受多种因素干扰,而抗压强度的控制较简单,干扰因素

也少。因此,选择抗压强度降低百分率反映水稳碎石试样的微裂损伤程度。

初步微裂试验结果表明,随着振动时间的增加,试样抗压强度呈先降低后增大的趋势,微裂损伤程度的降低过程为 0~180 s。据此预定振动压实仪的振动时间为 0、15、30、45、60、75、90、105、120、135、150、165、180 s。测定不同振动时间下的无侧限抗压强度,并记录无侧限抗压强度降低约 20%、30%和 40%对应的振动时间。

2.2 不同养生龄期振动时间与损伤程度的关系

养生 1、2 和 3 后进行微裂的试样的振动时间与微裂损伤程度的关系见表 3~5 和图 1~3。

表 3 养生 1 d 后进行微裂的试样的振动时间与微裂损伤程度的关系

振动时间/s	不同水泥剂量(%)下的抗压强度/MPa			不同水泥剂量(%)下的微裂程度/%		
	3	4	5	3	4	5
0	3.1	3.5	3.8	0.0	0.0	0.0
15	2.7	3.2	3.5	12.9	8.6	7.9
30	2.6	3.0	3.3	16.1	14.3	13.2
45	2.8	2.9	3.1	9.7	17.1	18.4
60	2.9	3.1	3.3	6.5	11.4	13.2
75	3.0	3.3	3.5	3.2	5.7	7.9

表 4 养生 2 d 后进行微裂的试样的振动时间与微裂损伤程度的关系

振动时间/s	不同水泥剂量(%)下的抗压强度/MPa			不同水泥剂量(%)下的微裂程度/%		
	3	4	5	3	4	5
0	4.8	5.2	5.7	0.0	0.0	0.0
15	4.1	4.5	5.1	14.6	13.5	10.5
30	3.8	4.2	4.8	20.8	19.2	15.8
45	3.7	4.1	4.6	22.9	21.2	19.3
60	3.6	4.0	4.4	25.0	23.1	22.8
75	3.5	3.8	4.3	27.1	26.9	24.6
90	3.4	3.7	4.1	29.2	28.8	28.1
105	3.2	3.5	4.0	33.3	32.7	29.8
120	3.1	3.4	3.9	35.4	34.6	31.6
135	3.0	3.3	3.7	37.5	36.5	35.1
150	2.9	3.1	3.5	39.6	40.4	38.6
165	3.3	3.0	3.3	36.2	42.3	42.1
180	—	3.5	3.8	—	32.7	33.3

从表 3~5 和图 1~3 可看出:试样微裂程度随振动时间呈先增大后降低的趋势,存在最大微裂损

伤程度,此后随着振动时间的增加试样抗压强度呈增大趋势或基本不再降低,再继续振动试件上部粗料会被振碎,试件表面结构将被破坏。养生 1 d 后进行微裂的试样其微裂损伤程度最大为 15%~20%,对应振动时间为 15~40 s,此后在振动压实仪作用下试样抗压强度随振动时间而增大。由于水稳碎石试样在 1 d 养生龄期内其强度主要靠集料间的嵌挤、混合料的挤压等物理作用提供,强度相对较

表 5 养生 3 d 后进行微裂的试样的振动时间与微裂损伤程度的关系

振动时间/s	不同水泥剂量(%)下的抗压强度/MPa			不同水泥剂量(%)下的微裂程度/%		
	3	4	5	3	4	5
0	6.7	7.1	7.7	0.0	0.0	0.0
15	5.8	6.2	6.9	13.4	12.7	10.4
30	5.4	5.9	6.6	19.4	16.9	14.3
45	5.3	5.6	6.4	20.9	21.1	16.9
60	5.2	5.5	6.2	22.4	22.5	19.5
75	4.9	5.4	6.0	26.9	23.9	22.1
90	4.8	5.2	5.8	28.4	26.8	24.7
105	4.7	5.1	5.7	29.9	28.2	26.0
120	4.6	4.9	5.5	31.3	31.0	28.6
135	4.3	4.7	5.3	35.8	33.8	31.2
150	4.1	4.5	5.0	38.8	36.6	35.1
165	4.0	4.4	4.7	40.3	38.0	39.0
180	4.4	4.2	4.5	34.3	40.8	41.6
195	—	4.6	5.1	—	35.2	33.8

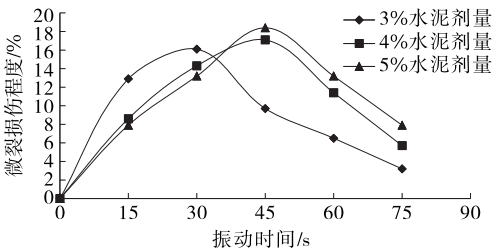


图 1 养生 1 d 后进行微裂的试样的振动时间与微裂损伤程度关系曲线

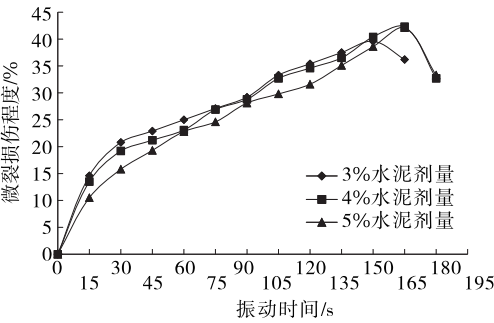


图 2 养生 2 d 后进行微裂的试样的振动时间与微裂损伤程度关系曲线

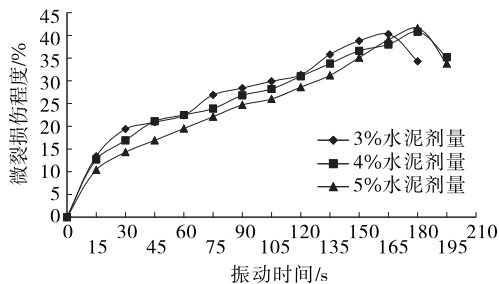


图3 养生3 d后进行微裂的试样的振动时间与微裂损伤程度关系曲线

低,在振动压实仪振动作用下混合料很容易遭到破坏,如集料间出现裂缝、表面骨料振裂甚至振碎等,强度有一定下降,但随振动时间的增长混合料不断被振动挤实而获得一定强度。因此,在一定振动时间内,试件抗压会呈现随振动时间先降低然后增大的趋势,微裂程度最大也为15%~20%。养生2和3 d试样的微裂程度虽然也会随振动时间先增大后有所降低,但微损伤程度最大为40%~45%,对应振动时间为150~180 s,若再继续振动,试件上部结构将会破坏。振动时间过长导致的试件表面被振碎的情况见图4。



图4 振动时间过长导致的试件上部结构被振碎的情况

### 2.3 微裂损伤程度控制试验结果分析

国内外研究普遍认为,强度损伤程度为40%~50%较为理想,过小的微裂损伤程度达不到理想的微裂效果,对减轻基层收缩裂缝也起不到很大作用。养生1 d后进行微裂的试样其微裂损伤程度为15%~20%,达不到试验设计20%~40%微裂程度的要求。鉴于此,后续主要研究水稳碎石基层材料养生2和3 d后进行微裂其力学性能恢复情况。养生2和3 d水稳碎石试样不同微裂损伤程度所对应的振动时间见表6。在后续试验研究中,若要制备某种微裂损伤程度试件,只需按照上述振动参数选择表6相应振动时间即可实现。

## 3 结语

该文针对重型击实试验方法所确定最大干密度

表6 养生2和3 d水稳碎石材料不同微裂损伤程度所对应的振动时间

微裂实施 时间/d	微裂程度/ %	不同水泥剂量(%)下 的振动时间/s		
		3	4	5
2	20	30	45	45
	30	90	105	105
	40	150	165	165
3	20	30	45	60
	30	105	120	135
	40	165	180	180

注:微裂程度通过无侧限抗压强度降低百分率反映,约为20%、30%和40%。

与施工现场振动碾压特性有一定差距,很容易导致压实度超百的情况,通过振动击实方法确定水稳碎石混合料的最大干密度和最佳含水量,使其更接近于施工现场振动压实实际情况。在振动压实仪一定振动参数下进行微裂程度控制试验研究,得出养生1~3 d试件的微裂损伤程度随振动时间呈先增大后降低的趋势;养生1 d试件的微裂损伤程度最大为15%~20%,对应振动时间为15~40 s;养生2和3 d试件的微裂程度最大为40%~45%,对应振动时间为150~180 s。进而确定了振动压实仪一定振动参数下3%~5%水泥剂量水稳碎石在养生2和3 d后不同微裂损伤程度所对应的振动时间。

### 参考文献:

- [1] 胡力群,沙爱民.室内振动压实机结构及利用振动法确定水泥稳定碎石压实标准应注意的问题[J].公路,2010(6).
- [2] 孟庆营,周卫峰,赵可.水泥稳定碎石混合料静压法与振动法成型工艺的比较研究[J].公路交通科技,2007,24(1).
- [3] Litzka J, Has lehner W. Cold in place recycling on low-volume roads in Austria[A]. Proceedings of the 6th International Conference on Low Volume Roads[C]. 1995.
- [4] Brandl H. Mixed in place stabilization of pavement structures with cement and additives, proceedings[A]. 11th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering[C]. 1999.
- [5] Tom Scullio. Field investigation: precracking of soil cement bases to reduce reflection cracking[A]. TRB 2002 Annual Meeting(CD-ROM)[C]. 2002.

收稿日期:2017-04-13