

水泥稳定碎石基层材料抗冲刷性能影响因素试验研究

雷勇

(衡阳公路桥梁建设有限公司, 湖南 长沙 421009)

摘要: 为了研究水泥稳定碎石基层材料抗冲刷性能的影响因素,通过自行研制的基层材料冲刷试验装置,针对不同结构类型的基层材料进行试验,分析各因素对半刚性基层材料抗冲刷性能的影响。结果表明,水泥稳定碎石材料的抗冲刷性能随着水泥强度的提高而增强,随着水泥剂量的增大而增大;细集料含量为 35%左右时骨架密实结构的抗冲刷性能较好;养生龄期对基层材料的抗冲刷性能影响较大,龄期越长,其抗冲刷性能越强;基层材料的抗冲刷性能随着压实度的增大而增强。

关键词: 公路;半刚性基层;水泥稳定碎石;抗冲刷性能

中图分类号:U418.5

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2017)02-0111-03

目前中国路面的早期损害较为严重,路面使用状况不佳,使用寿命低于预期使用寿命。而基层材料的抗冲刷性能不足是导致路面损坏的主要原因之一。国内外学者对基层材料的抗冲刷性能已开展了研究,朱唐亮等研究了水泥稳定土等典型半刚性基层材料水泥含量及比例等对基层材料抗冲刷性能的影响,并对水泥稳定类基层材料的抗冲刷性能进行了试验研究;沙爱民等对水泥土、水泥砂砾基层材料及无机结合料稳定土进行了抗冲刷试验研究,并对抗冲刷激励作了分析;张敏江等通过对稳定粗粒土和稳定细粒土的抗冲刷试验,提出了抗冲刷指标为 10 min 内的冲刷率。该文利用自行研制的基层材料冲刷试验装置,对悬浮密实结构、骨架密实结构和骨架孔隙结构的水泥稳定碎石材料进行抗冲刷性能试验,分析其抗冲刷性能影响因素及影响规律。

1 试验方案

按《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》规定的方法对水泥进行试验,其各项性能指标见表 1,均

满足规范要求。

表 1 水泥的主要技术指标

指标		实测值
安定性		合格
抗压强度/MPa	3 d	3.86
	28 d	8.49
抗折强度/MPa	3 d	18.02
	28 d	44.75
凝结时间/min	初凝	255
	终凝	330
细度/%		3.11

针对悬浮密实结构、骨架密实结构和骨架孔隙结构水泥稳定碎石进行试验研究,其中骨架密实结构和悬浮密实结构的级配参照《公路沥青路面设计规范》,骨架孔隙结构的级配采用文献[8]推荐的结构类型(见表 2)。动水压力为 60 kPa,频率为 100 次/min,冲刷次数为 20 000 次。

表 2 水泥稳定碎石集料的级配

结构类型	下列筛孔(mm)的通过率/%												
	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
悬浮密实	100	95.0	80.5	75.0	68.0	57.0	39.0	26.0	20.5	15.0	11.2	7.3	3.5
骨架密实	100	90.4	73.6	65.2	58.0	46.0	26.8	25.8	18.0	9.1	4.4	1.6	0.5
骨架孔隙	100	86.3	62.8	52.5	41.1	26.3	11.2	5.0	3.0	2.0	1.0	0.0	0.0

2 抗冲刷性能影响因素分析

2.1 水泥强度等级

水泥胶浆的强度分别以 3 和 28 d 强度即 f_{3d} 、 f_{28d} 表示,采用 32.5 和 42.5 两种强度等级水泥,级配采用悬浮密实结构,水泥剂量为 5%,分析不同种类和强度等级水泥对水泥稳定碎石基层材料抗冲刷性能的影响。试验结果见图 1。

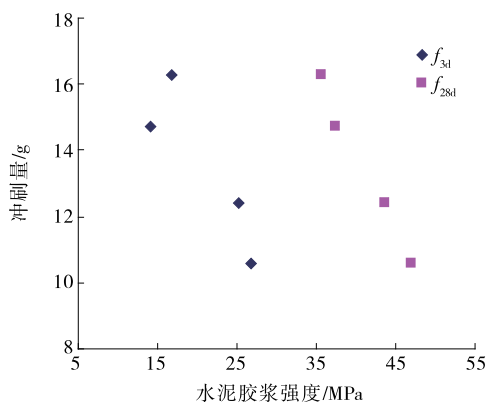


图 1 水泥稳定碎石基层材料冲刷量和水泥石浆强度的关系

由图 1 可知:水泥强度等级越高,水泥稳定碎石基层材料的抗冲刷性能越好。另外,不同品牌的水泥及不同龄期的水泥稳定碎石材料的强度对抗冲刷性能有较大影响。

2.2 水泥剂量

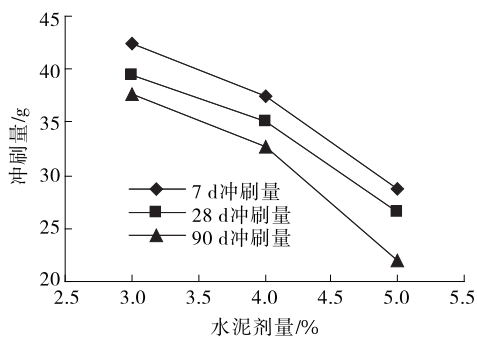
不同龄期下各结构类型水泥稳定碎石基层材料冲刷量与水泥剂量的关系见图 2。

由图 2 可知:悬浮密实结构、骨架密实结构和骨架孔隙结构水泥稳定碎石基层材料的冲刷量均随着水泥剂量的提高而减小,即抗冲刷能力增强;在相同水泥剂量条件下,悬浮密实结构混合料最大,骨架密实结构次之,骨架孔隙结构的冲刷量最小。这是由于提高水泥剂量,水泥水化产物增多,各集料颗粒之间充分粘结,使混合料的抗冲刷性能增强。

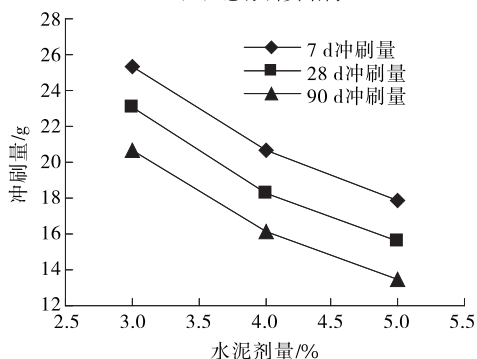
水泥剂量的提高可使混合料的抗冲刷性能增强,但水泥用量并不是越高越好。因为水泥剂量越高,水泥水化过程中会产生过高的水化热,材料的刚度增大,其抗裂性能会下降,基层很容易产生反射裂缝,而裂缝的出现会大大减弱其抗冲刷性能。

2.3 养生龄期

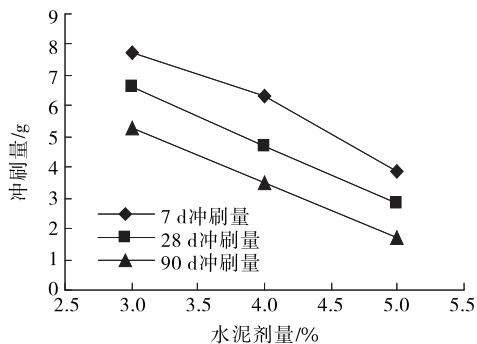
养生龄期与基层材料抗冲刷性能的关系从图 2 中亦可反映出来。由图 2 可知:3 种结构类型水泥稳定碎石基层材料的冲刷量均随着养生龄期的增长



(a) 悬浮密实结构



(b) 骨架密实结构



(c) 骨架孔隙结构

图 2 各结构类型水泥稳定碎石基层材料冲刷量与水泥剂量的关系

而减小,即抗冲刷能力增强。这是由于养生初期,材料的整体强度还未形成,高压动水的冲刷作用很容易将细集料冲走;随着养生龄期的延长,水泥砂浆和各集料之间的粘结力充分发挥,材料的整体强度增大,抗冲刷能力增强。

2.4 细集料含量

混合料中的粗集料和细集料各自有着不同的作用。已有研究表明,以筛孔孔径 4.75 mm 作为区分粗集料和细集料的分界比较合理。从前期冲刷试验结果来看,被冲刷下来的多是粒径 4.75 mm 以下的集料,说明粒径 4.75 mm 以上的粗集料在混合料中相互嵌挤而形成骨架支撑,粒径 4.75 mm 以下的细集料主要是填充粗集料形成的骨架空间。以粒径在

4.75 mm 以下的集料作为细集料,分析其含量对基层材料抗冲刷性能的影响,结果见图 3。

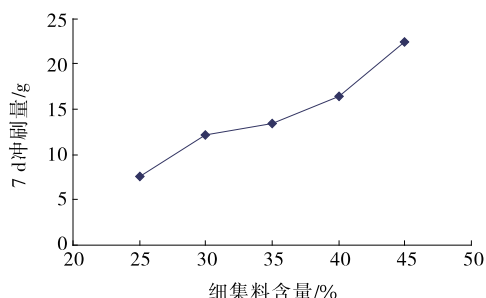


图 3 水泥稳定碎石基层材料 7 d 冲刷量与细集料含量的关系

由图 3 可知:1) 细集料含量越高,基层材料的冲刷量越大,说明其抗冲刷性能减弱。2) 细集料含量从 30% 提高到 35% 时直线斜率小于细集料含量从 25% 提高到 30% 时的斜率,说明前者的抗冲刷性能上升幅度小于后者。这是由于细集料含量较低时,水泥砂浆较大幅度地填充粗集料形成的骨架孔隙,混合料为骨架密实结构,粗集料之间的粘结力增强,混合料的整体性较好,故其抗冲刷性能较好;细集料含量提高到某一个值时,细集料占据粗集料之间所形成的骨架孔隙,形成骨架孔隙结构,水泥砂浆不能充分填充,集料之间的粘结性较弱,使混合料的整体性变差,强度较低,抗冲刷性能较差。3) 细集料含量从 35% 提高到 40% 时直线斜率小于细集料含量从 40% 提高到 45% 时的斜率,说明前者的抗冲刷性能下降幅度小于后者。细集料含量从 35% 提高到 40%,混合料从骨架密实结构向悬浮密实结构过渡;细集料含量从 40% 提高到 45%,混合料已成为悬浮密实结构,由于悬浮密实结构中过多的细集料和水泥砂浆混合形成较多的水泥细集料砂浆,这些砂浆受到冲刷过程中的泵吸作用和高压动水的冲刷极易被冲走,抗冲刷性能较大幅度降低。

2.5 含水量

级配采用悬浮密实结构和骨架密实结构,水泥稳定碎石龄期为 7 d,水泥剂量为 5%,对水泥稳定碎石基层材料冲刷量随含水量的变化情况进行试验研究。通过《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》中的击实试验确定悬浮密实结构的最佳含水量为 5.8%,骨架密实结构的最佳含水量为 5.2%。冲刷试验结果见图 4。

由图 4 可知:悬浮密实结构水泥稳定碎石基层材料在最佳含水量 5.8% 时的冲刷量为 22.1 g,含水

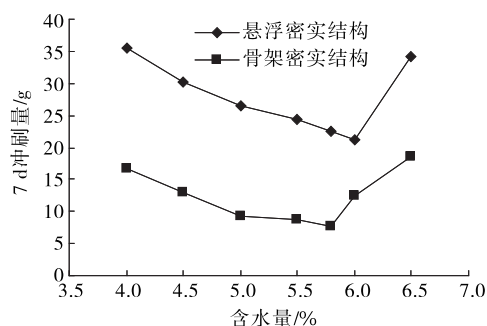


图 4 各结构类型水泥稳定碎石基层材料 7 d 冲刷量与含水量的关系

量为 6% 时的冲刷量为 20.8 g,比最佳含水量时的冲刷量低;骨架密实结构在最佳含水量 5.2% 时的冲刷量为 8.4 g,在含水量为 5.5% 时的冲刷量为 7.5 g,同样比最佳含水量时的冲刷量低。理论上,基层材料的抗冲刷性能应该在最佳含水量时最好。但材料试件在成型过程中外界条件如空气湿度和温度会影响实际拌和过程中加入的水量,如空气湿度较大时试件实际水量偏大、干燥时偏小,对试验结果造成一定误差。

2.6 压实度

对于水泥稳定基层,压实度主要影响其抗压强度和抗变形能力。压实度较低时其抗压强度达不到要求;压实度过高时会导致部分粗集料被压碎,表面覆盖的水泥细集料浆体减少,后期强度和耐久性会受到影响。对水泥含量 5% 的水泥稳定细粒土进行冲刷试验,结果见图 5。

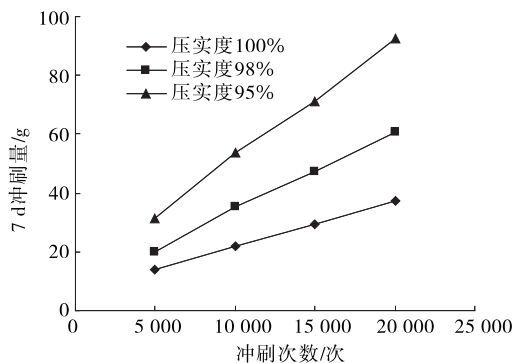


图 5 水泥稳定碎石基层材料 7 d 冲刷量与压实度的关系

从图 5 可以看出:在相同冲刷次数下,水泥稳定碎石基层材料的冲刷量随着压实度的增大而减小;在压实度相同时,冲刷次数越多,基层材料的冲刷量

(下转第 117 页)

由图9可知:1)比较超载对半刚性路面(基层已开裂)和不同加铺层厚度复合式路面裂缝尖端的应力强度因子,加铺层厚度为5 cm的复合式路面结构接缝处应力强度因子与半刚性基层路面结构(沥青层厚18 cm)裂缝尖端应力强度因子相当,均较大,且重载影响敏感性强。这是温差较大地区半刚性基层沥青路面反射裂缝较多的主要原因,也是薄层复合式路面面层开裂同样普遍的原因。2)在复合式路面结构中,沥青加铺层厚度是削弱接缝处应力强度因子的关键因素,应力强度因子随复合式路面结构加铺层厚度的增加而减小,沥青层每增加1 cm,应力强度因子平均衰减12%,并且随着加铺层厚度的增加,应力强度因子的重载影响敏感性降低,当加铺层厚度达到13 cm时应力强度因子已很小,且重载影响敏感性大大降低。

综上所述,沥青层厚度是抵抗反射裂缝的最直接、有效的技术措施,在综合考虑道路等级、荷载水平、工程造价等条件下,应尽量选择较厚的沥青层以提高沥青路面的使用性能和使用寿命。

4 结论与建议

(1)降温时,沥青加铺层越厚,温度场变化对基层的影响越小;加铺层越薄,基层的温度场变化幅度越大,对温度变化越敏感,越容易引起基层开裂。

(2)沥青层越薄,在超载车辆反复作用下,基层

受荷载因素影响而开裂的可能性越大。较薄的沥青面层在温度场分布、应力场分布上都会对基层产生不利影响,加速半刚性基层的开裂。

(3)半刚性基层开裂后,在重载交通条件下,沥青层越薄,裂缝处的应力强度因子越大,越容易开裂;在复合式路面结构中,应力强度因子随复合式路面结构加铺层厚度的增加而减小,沥青层每增加1 cm,应力强度因子平均衰减12%,同样是沥青层越薄越易产生反射裂缝。

(4)在综合考虑道路等级、荷载水平、工程造价等条件下,应尽量选择较厚的沥青层。

参考文献:

- [1] 孙立军.沥青路面结构行为理论[M].上海:同济大学出版社,2003.
- [2] 苏卫国,孙浩.旧水泥混凝土路面直接加铺薄层沥青罩面方案选择分析[J].公路工程,2015,40(2).
- [3] 张洪刚,黄慧,岳爱军.不同结构类型的旧路改造升级沥青罩面结构的力学响应研究[J].公路工程,2013,38(1).
- [4] 郑健龙,张洪刚,钱国平,等.水温冻融循环条件下沥青混合料性能衰变的规律[J].长沙理工大学学报:自然科学版,2010,7(1).
- [5] 梁丽蓉,黄慧,邓坚平.广西路网公路沥青路面病害调查及分析[J].西部交通科技,2011(11).

收稿日期:2016-09-22

(上接第113页)

越多。说明压实度也是影响水稳基层材料抗冲刷性能的一个较为重要的因素,压实度越高,其抗冲刷能力越强。

3 结论

(1)水泥稳定碎石材料的抗冲刷性能随水泥强度的提高而增强,随水泥剂量的增大而增大。

(2)细集料含量为35%左右时骨架密实结构的抗冲刷性能较好。

(3)养生龄期对基层材料的抗冲刷性能影响较大,龄期越长,其抗冲刷性能越强。

(4)基层材料的抗冲刷性能随着压实度的增大而增强。

参考文献:

- [1] 沙爱民,胡利群.路面基层材料抗冲刷性能试验研究

[J].岩土工程学报,2002,24(3).

- [2] 朱唐亮,谈至明,周玉民.半刚性基层材料抗冲刷性能的试验研究[J].建筑材料学报,2013,16(4).
- [3] 朱唐亮,谈至明,周玉民.水泥稳定类基层材料抗冲刷性能的试验研究[J].建筑材料学报,2012,15(4).
- [4] 沙爱民,胡利群.半刚性基层材料抗冲刷性能试验方法研究[J].中国公路学报,2002,15(2).
- [5] 张敏江,关贺,梁鸿颀.半刚性基层材料抗冲刷性能的研究[J].沈阳建筑大学学报:自然科学版,2006,22(3).
- [6] JTG E30-2005,公路工程水泥及水泥混凝土试验规程[S].
- [7] JTG E51-2009,公路工程无机结合料稳定材料试验规程[S].
- [8] JTG D50-2006,公路沥青路面设计规范[S].
- [9] 胡利群.半刚性基层材料结构类型与组成设计研究[D].西安:长安大学,2004.

收稿日期:2016-09-20