

文章编号:1671-8879(2009)03-0064-04

沥青混凝土桥面铺装组合结构抗渗性能试验

王亚玲¹, 王俏梅²

(1. 长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064; 2. 长安大学 工程设计研究院, 陕西 西安 710064)

摘 要:利用 SL-4 型渗透仪,以达西定理为依据,采用变水头试验方法,分析研究不同防水涂膜的渗透性能,并探讨了外界环境对沥青混凝土桥面铺装组合结构抗渗性能的影响。研究结果表明:混凝土中掺入一定数量的纤维能够提高混凝土的抗渗性能;SBS 改性沥青防水涂膜的抗渗性能最好;在多盐地区如果采用纤维混凝土调平层和 SBS 改性沥青防水涂膜,就能起到很好的防水效果;盐蚀和冻融环境均会降低沥青混凝土桥面铺装结构的抗渗性能,而冻融环境对桥面铺装组合结构的抗渗性能影响较大。

关键词:桥梁工程;纤维混凝土;防水涂膜;沥青混凝土桥面铺装;抗渗性能

中图分类号:U443.33

文献标志码:A

Test on anti-permeability performance of composite structure for asphalt concrete bridge pavement

WANG Ya-ling¹, WANG Qiao-mei²

(1. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. Civil Engineering Design Academy, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: This paper studied the permeability performance of the different waterproof film coating based on the Darcy theory with variable head testing methods by using SL-4 permeability machine. Authors firstly discussed the different external environments effected on anti-permeability of paving composite structure for asphalt concrete bridge deck. The results show that fiber added in concrete can improve anti-permeability performance of concrete; anti-permeability of SBS modified asphalt waterproof film is best; if fiber concrete smooth layer and SBS modified asphalt waterproof film are used in salty areas, the waterproof effect is good; salt corrosion and thawing environment both can reduce anti-permeability of paving composite structure for asphalt concrete bridge deck and thawing environment has much more influence on it. 6 tabs, 1 fig, 10 refs.

Key words: bridge engineering; fiber concrete; waterproof film coating; asphalt concrete bridge pavement; anti-permeability performance

0 引言

随着中国经济建设的快速发展,汽车交通量逐

年增加,高等级公路的通车里程也不断增加。但由于经济条件、技术水平、施工质量和汽车超载等原因,公路与桥梁病害不断出现,严重影响了高速公路

收稿日期:2008-06-10

基金项目:河北省交通科技项目(Y-030230)

作者简介:王亚玲(1966-),女,安徽颍上人,教授,E-mail:WYL417@163.com。

的正常运营,缩短了桥梁结构的使用寿命。因此,公路和桥梁的耐久性问题越来越受到人们的重视。20 世纪 90 年代初建造的桥梁,桥面铺装基本不设防水层,主要利用桥面的纵横坡排水,忽略了防水措施。有些桥梁虽设有防水层,但由于没有相应的规范和标准要求,质量难以保证,故在投入使用后不久,桥梁铺装层就出现破损、开裂和坑槽等早期破坏现象,降低了道路的通行能力、行车的舒适性和铺装层的使用性能。桥面防水层的功能是在桥梁使用期内阻止雨水渗入到桥面混凝土,因此要求防水层能承受车辆荷载作用下铺装层内的动水压力作用,抵抗高温碾压刺破损伤后不透水,以及老化后不透水,且不受冻融循环的影响,具有耐抗冻盐性^[1-10]。本文利用 SL-4 型渗透仪进行桥面防水材料的渗透试验,探讨外界环境对桥面铺装组合结构抗渗性能的影响,评价其抗渗性能,为沥青混凝土桥面铺装设计提供依据。

1 试验仪器与试件制作方法

1.1 试验仪器

试验仪器主要为 SL-4 型渗透仪(图 1),它采用了板块式阀门结构,结构紧凑,操作方便,适用于沥青混凝土室内试验,其渗透系数测试范围为 $10^{-4} \sim 10^{-10}$ cm/s。渗透试验是以达西定理为依据,在实验室内测定饱和状态下试件的渗透系数。渗透系数是指在层流状态下,渗流速度与水力坡降之比。该试验方法参照《水工沥青混凝土试验规程》中的变水头试验方法进行。

1.2 试件制作方法

本试验的防水混凝土种类为普通混凝土和纤维



图 1 SL-4 型渗透仪

混凝土,防水材料选用 SBS 改性沥青、FYT-1 型防水涂料和改性乳化沥青 3 种防水涂膜。桥面铺装的沥青面层采用沥青混合料 AC-13I 型,级配范围见表 1;该结合料基质沥青采用克拉玛依 AH-90[#] 沥青,油石比为 4.8%,马歇尔试验结果见表 2。

按照渗透仪尺寸和形状要求切取试件,试件直径为 100 mm,高度不超过 70 mm,每组 3 个试件。为模拟实际桥面铺装情况,将试件分成 3 部分:底部为 25 mm 厚的混凝土,在其上分别涂刷 1.5 mm 厚的防水涂膜;再将 36 mm 厚的沥青混凝土试件置于防水层上并施加一定的垂直压力,在无偏心位移的情况下使试件充分粘结,待试件牢固后即可进行渗透试验;试件最终的高度为 62.5 mm。

表 1 AC-13I 型沥青混合料矿料级配计算值

项 目		下列筛孔(mm)的通过率/%										
		19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
集料组成	10~15 mm 集料	100	99.53	75.86	14.67	0.33	0	0	0	0	0	0
	5~10 mm 集料	100	100.00	99.79	87.13	2.59	0.12	0.04	0	0	0	0
	石屑	100	100.00	100.00	100.00	93.86	61.42	43.43	20.90	10.97	6.32	2.14
	矿粉	100	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.96	97.84	79.95
级配	合成级配	100	99.85	92.23	69.73	43.38	30.37	16.51	14.94	11.17	9.25	6.39
	级配中值	100	100.00	95.00	76.50	53.00	37.00	26.50	19.00	13.50	10.00	6.00
	级配上限	100	100.00	100.00	85.00	68.00	50.00	38.00	28.00	20.00	15.00	8.00
	级配下限	100	100.00	90.00	68.00	38.00	24.00	15.00	10.00	7.00	5.00	4.00

表 2 AC-13I 最佳沥青用量下的马歇尔测试结果

技术指标	油石比/%	毛体积密度/(g·cm ⁻³)	理论密度/(g·cm ⁻³)	空隙率/%	粒料间隙率/%	饱和度/%	稳定度/kN	流值/0.1 mm
试验值	4.8	2.405	2.515	4.35	14.33	67.34	11.14	28.5
技术要求				4.00~6.00	>14.00	65.00~75.00	>8.00	20.0~40.0

2 试验数据处理

采用分时段法,渗透系数 K_T [7] 的计算式为

$$K_T = \frac{al}{At} \ln\left(\frac{\Delta h_1}{\Delta h_2}\right)$$

式中: a 为测压管截面积(cm^2); l 为渗径(试件厚度, cm); A 为试件面积(cm^2); Δh_1 为 t 初始时的水头差(cm); Δh_2 为 t 结束时的水头差(cm); t 为渗水时间(s)。

3 试验方案

- (1)普通混凝土和纤维混凝土自身的抗渗透性能试验。
- (2)防水粘结材料防水性能试验。在纤维混凝土上涂刷不同的防水涂膜,测定其渗透系数,并以此评价防水粘结材料的防水性能。
- (3)桥面铺装组合结构防水性能试验。针对不同工况的桥面铺装组合,分析其在常规、盐溶液和冻融条件下的抗渗透性能。

4 试验结果分析

4.1 混凝土调平层的渗透试验

分别对直径 100 mm、高度 65 mm 的普通混凝土和纤维混凝土进行渗透试验,测试其渗透系数,试验结果见表 3。

表 3 混凝土试块渗透系数

材料类别	渗透系数/($10^{-9} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$)
普通混凝土	32.07
纤维混凝土	23.26

从表 3 可以看出,纤维混凝土的渗透系数小于普通混凝土的渗透系数,说明在混凝土中掺入一定数量的纤维能够提高混凝土的抗渗性能。

4.2 防水涂膜的渗透试验

在纤维混凝土试件上涂刷 1.5 mm 厚的防水涂膜(SBS 改性沥青、改性乳化沥青、FYT-1 型防水涂料),用 SL-4 型渗透仪测试渗透系数,结果见表 4。

表 4 纤维混凝土调平层与防水涂膜组合渗透系数

材料类别	渗透系数/($10^{-9} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$)
纤维混凝土+SBS 改性沥青	3.476
纤维混凝土+改性乳化沥青	4.531
纤维混凝土+FYT-1 型防水涂料	5.230

由表 4 可知,在 3 种防水涂膜中,SBS 改性沥青防水涂料的抗渗性能最好,而 FYT-1 型防水涂料的抗渗性相对较差。

涂刷防水涂膜试件的渗透系数比不涂防水涂膜

的渗透系数小一个数量级,说明防水涂膜能够有效地改善结构的抗渗性能,提高结构的防水效果。

4.3 桥面铺装组合结构的渗透试验

桥面铺装组合结构的渗透试验包括常规渗透试验、抗盐渗透试验和冻融条件下的渗透试验 3 种工况。试验采用的试件直径均为 100 mm。

(1)常规渗透试验。试件底部为 25 mm 厚的普通混凝土和纤维混凝土,中间为 1.5 mm 防水材料涂层,上部为 36 mm 厚的沥青混凝土,进行常规渗透试验。

(2)抗盐渗透试验。试件底部为 25 mm 厚的普通混凝土和纤维混凝土;中间为 1.5 mm 厚的防水涂层;上部为 36 mm 厚的沥青混凝土。将试件放置于 1 mol 浓度的 Na_2SO_4 溶液中,浸泡 120 h 后,进行渗透试验。

(3)抗盐冻融渗透试验。将试件连同试模放置于 $-23.6\text{ }^\circ\text{C}$ 的低温箱中冷冻 120 h 后,室温溶解 24 h,然后进行渗透试验,计算渗透系数。

3 种渗透试验的渗透系数测试见表 5。

表 5 3 种渗透试验的渗透系数

混凝土类别	涂层材料	试件编号	常规渗透系数/($10^{-9} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$)	抗盐渗透系数/($10^{-9} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$)	抗盐冻融渗透系数/($10^{-9} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$)
普通混凝土	SBS 改性沥青	CS1	4.053	5.211	8.981
		CS2	2.940	4.712	5.973
		CS3	3.904	4.622	4.611
		平均	3.362	4.852	6.522
	改性乳化沥青	CR1	4.537	9.518	8.936
		CR2	4.468	7.512	7.432
		CR3	4.076	6.431	8.814
		平均	4.360	7.823	8.396
	FYT-1	CF1	5.723	8.810	8.716
		CF2	5.635	7.810	8.613
		CF3	2.886	7.910	8.719
		平均	4.748	8.177	8.683
纤维混凝土	SBS 改性沥青	FS1	2.932	3.888	6.649
		FS2	3.013	4.972	5.626
		FS3	2.697	3.672	6.623
		平均	2.881	4.177	6.299
	改性乳化沥青	FR1	3.683	6.304	6.442
		FR2	3.871	8.513	7.410
		FR3	3.113	7.415	8.319
		平均	3.889	7.411	7.390
	FYT-1	FF1	3.876	7.056	8.974
		FF2	3.964	7.132	7.643
		FF3	4.391	7.074	6.921
		平均	4.077	7.078	7.860

由表 5 可知,冻融渗透系数比抗盐渗透系数和常规渗透系数都大,说明其抗渗性较差,对桥面铺装结构的抗渗性能影响最大,其次是盐溶液的影响。由此可见,盐蚀、冻融循环对桥面有一定的侵蚀作用,这是解决桥面铺装及桥梁结构耐久性的关键问题之一。

表 6 掺加纤维对混凝土桥面渗透系数的降低幅度

材料类别	单一 混凝土	常规 SBS	抗盐 SBS	抗冻融 SBS	常规改性 乳化沥青	抗盐改性 乳化沥青	抗冻融改 性乳化沥青	常规 FYT-1	抗盐 FYT-1	抗冻融 FYT-1
降低幅度/%	27.47	14.31	13.91	3.42	10.80	5.27	11.98	14.13	13.44	9.48

注:常规 SBS 为在试件上涂刷的 SBS 改性沥青,进行常规渗透试验;其余以此类推。

由表 6 可知,不同状态下纤维混凝土对桥面的渗透系数降低影响程度不同。对于水泥混凝土调平层+防水涂膜+沥青混凝土的组合桥面铺装,纤维混凝土对降低渗透系数的影响较大,在多盐和冰冻环境下,其排列顺序为:抗盐 SBS、抗盐 FYT-1、抗冻融改性乳化沥青、抗冻融 FYT-1、抗盐改性乳化沥青和抗冻融 SBS。这说明,在多盐地区如果采用纤维混凝土做调平层和 SBS 改性沥青做防水涂膜会起到很好的效果。在对冰冻要求较高的地区,采用改性乳化沥青也会有良好的效果。

5 结 语

(1)采用 SL-4 型渗透仪对防水涂膜进行渗透试验,结果为:SBS 改性沥青的抗渗性能最好;改性乳化沥青次之;FYT-1 型防水涂料的抗渗性能较差。

(2)系统研究了沥青混凝土桥面铺装组合结构的渗透性能,利用渗透系数指标评价了不同防水涂膜在常规、盐蚀和冻融条件下的渗透性,为沥青混凝土桥面铺装防水设计提供了科学依据;在多盐地区采用纤维混凝土调平层和 SBS 改性沥青防水涂膜具有很好的防水效果,在对冰冻要求比较高的地区,采用改性乳化沥青有良好的效果。

(3)盐蚀和冻融环境均会降低结构的抗渗性能,而冻融环境对结构的抗渗性能影响较大,这是解决桥面铺装及桥梁结构耐久性的关键问题之一。

参考文献:

References:

[1] 杨 军,潘友强,邓学钧. 桥面铺装浇注式沥青混凝土性能[J]. 交通运输工程学报,2007,7(1):49-53.
YANG Jun,PAN You-qiang,DENG Xue-jun. Gussasphalt performances on bridge deck[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering,2007,7(1):49-53.

4.4 纤维混凝土对桥面铺装组合抗渗的影响

纤维混凝土是从减少混凝土本身开裂来降低桥面的渗透系数,为系统分析纤维混凝土对整个桥面抗渗性能的影响,对各种工况下的影响进行了分析,结果见表 6。

[2] 吴 浩. 桥面混凝土裂缝处防水层抗拉分析[J]. 长安大学学报:自然科学版,2008,28(3):40-43.
WU Hao. Tensile stress of waterproofing layer under concrete bridge deck pavement with cracks[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2008,28(3):40-43.

[3] 钱振东,李 智,陈春红. 钢桥面环氧沥青混凝土铺装层 I 型裂缝的断裂判据[J]. 中国公路学报,2008,21(5):33-38.
QIAN Zhen-dong, LI Zhi, CHEN Chun-hong. Fracture criterion for mode I crack of epoxy asphalt concrete paving course of steel deck bridge pavement[J]. China Journal of Highway and Transport, 2008, 21(5):33-38.

[4] 沙庆林. 高速公路沥青路面早期破坏现象预防[M]. 北京:人民交通出版,2001.

[5] 吴 浩. 混凝土桥面防水层不透水性能试验研究[J]. 长安大学学报:建筑与环境科学版,2004,21(3):12-15.
WU Hao. Test study on watertightness of waterproofing layer on concrete bridge deck [J]. Journal of Chang'an University: Architecture and Environment Science Edition,2004,21(3):12-15.

[6] 周庆华. 桥面防水材料抗渗性能试验方法研究[J]. 现代交通技术,2006(1):54-56.
ZHOU Qing-hua. Anti-permeability performance of waterproof material for bridge deck [J]. Modern Transportation Technology,2006(1):54-56.

[7] 孙君森. 碾压混凝土坝的沥青防渗[M]. 西安:陕西人民出版社,2003.

[8] 裴建中. 桥面柔性防水材料技术性能研究[D]. 西安:长安大学,2001.

[9] 张占军. 混凝土桥桥面防水系统性能及设计方法研究[D]. 西安:长安大学,2004.

[10] 沈春林. 路桥防水材料[M]. 北京:化学工业出版社,2006.