

文章编号:0451-0712(2006)07-0081-04

中图分类号:U443.33

文献标识码:A

钢桥面铺装环氧防水粘结层材料 与结构试验研究

赵锋军^{1,2}, 李宇峙², 易伟建¹, 邵腊庚², 吴国平²

(1. 湖南大学土木工程学院 长沙市 410076; 2. 长沙理工大学公路工程学院 长沙市 410076)

摘 要: 钢桥面铺装是工程难题,防水粘结层是铺装结构的薄弱环节,为提高防水粘结层的性能,试验研究了一种新型的粘结材料。在分析钢桥面铺装防水粘结层使用条件与要求的基础上,试验研究了该材料的一些基本工程性能,试验结果可供工程人员参考。

关键词: 钢桥面铺装; 防水粘结层; 试验

钢桥面沥青铺装工程是国内工程界至今未能完全解决的难题,国内多家科研单位也做了大量的尝试与试验,试图较好地解决这一难题,在实践中也发现与总结了许多以往未遇到的新问题。从沥青路面设计到钢桥面铺装设计,在计算模型上均考虑层间接触条件为连续。在沥青路面实际施工中,层间往

往洒布粘层油,粘层油改善了层间接触状态,实际传递水平剪力的并不是粘层油,而是层间嵌挤作用。由于沥青路面整个体系的材料模量比不大,而且界面也粗糙,嵌挤作用的形成就很自然。对于钢桥面沥青铺装,如何实现钢板与铺装层的嵌挤是解决问题的关键。

收稿日期:2005-11-03

序,若清洗不及时,会使注浆管道堵塞,无法继续注浆。

(8)注浆过程中,要认真做好现场注浆记录。

5 工程实施及效果分析

D13 墩共计 38 根钻孔桩,从 2005 年 1 月开始注浆,到 2005 年 10 月全部结束,历时 10 个月,每根桩的桩底注浆均达到试桩后确定的关于注浆的各项技术指标。

在 D13 墩钻孔桩开工之初,利用两根工程桩进行了钻孔桩工艺试验及承载力试验,其中一根桩又进行了注浆前后承载力对比试验,另外一根桩只做注浆后的承载力试验。单桩承载力的静荷载试验由东南大学土木工程学院采用自平衡法进行。

由于受到加载条件的限制,所测得的桩端最大承载力并没有达到极限承载力,土层始终处于弹性状态。当桩顶位移达到 40 mm 时,23 号试桩压浆后较压浆前承载力提高了 43.5%。提高幅度基本上与东海大桥(注浆后承载力提高 60%左右)和苏通大桥(注浆后承载力提高 40%左右)接近。

6 小结

(1)桩底注浆在大直径超长桩上应用,能够大幅提高桩基承载力,可以为优化钻孔桩设计提供依据,为工程节约投资,应用前景十分广泛。

(2)注浆管的形式对于注浆量及注浆工艺要求不同,相对来讲直管法注浆的注浆量要大于“U”形管法。因为直管法是将所有浆液一次性注完,主要按照注浆量控制;而“U”形管法是间歇性注浆,有先封闭桩底土层孔隙的过程,可减小浆液的无效扩散的范围,以注浆压力和注浆量同时控制。

(3)注浆效果,可以通过承载力试验进行检验,还可以通过钻孔取芯检验土层加固后的强度,通过超声波、电磁波对注浆地层进行“CT”扫描,更进一步研究注浆机理及效果。

参考文献:

- [1] 史佩栋. 深基础工程特殊技术问题[M]. 北京:人民交通出版社.

1 现有防水粘结层形式分析

1.1 直接法

直接将现有路面设计的思路延伸到钢桥面铺装设计,那就是实现钢板表面与铺装结构的直接嵌挤。直接嵌挤就要求钢板表面粗糙有棱角,钢板本身制造成棱角表面会造成钢板在荷载作用下的应力集中,损害桥梁安全,于是就采用焊接钢筋网的办法变通。但是,所焊接的钢筋网增加恒载、增加造价,而且在焊点部位还是会造成钢板的应力集中。实践中还发现,焊接了钢筋网后铺筑的沥青铺装,很难达到沥青混合料完全包裹钢筋,在荷载作用下,钢筋部位局部有跷跷板现象,混合料过硬则在钢筋部位产生开裂,混合料偏软则钢筋部位的沥青路面逐渐凸起。同时,这种方法对钢桥的喷砂除锈与防锈涂层施工造成困难。因此,这一技术措施在国内外均仅做过试验桥,未进行大面积推广。

1.2 间接法

既然直接嵌挤无法实现,间接嵌挤就成为研究对象。这就是采用一种材料过渡,这种材料一方面可以与钢板有足够的粘结强度,另一方面可以提供粗糙表面与铺装层嵌挤。按照防水粘结层材料的物理形态,可以分为液态型和固态型,按照施工方法分,则可分为粘贴型、涂刷型和洒布型。

(1) 粘贴型。

粘贴型固态防水粘结材料主要是指以防水卷材为代表的成品。这种材料广泛应用于水泥混凝土桥面沥青铺装工程中的桥面接缝防水处理,在旧水泥混凝土路面黑色罩面工程的接缝处理中也有应用。也正是由于该种材料在上述工程中的优异表现,文献[1]研究了其在钢桥面铺装工程中作为防水粘结层的可行性与基本性能。但由于相关研究在国内外都不完善,许多关键技术未经过试验验证,国内未见试验钢桥与实际钢桥应用的资料。

(2) 洒布型。

延续一般沥青路面的传统防水粘结层设置方式,在完成防锈涂层的钢板表面洒布特殊聚合物改性沥青,并撒布一定数量的预拌碎石作为防水粘结层。这种方法的优点是可以利用路面施工的常用设备与施工方法,施工简单,目的明确。利用面层施工时的高温融化粘结层沥青,从而达到铺装层与防水粘结层的结合。但实践证明,这种方式并没有达到铺装结构与钢板的理想结合。在铺装压实过程中,防水粘结层沥青有上泛,铺装结构与钢板的接触关系实

际成为点面接触。鉴于此,研发性能更为优越的粘结材料成为发展方向。环氧沥青有许多优于聚合物改性沥青的工程特性,用其施工钢桥面防水粘结层在美国等国家广泛应用,南京长江二桥就采用这种方案。该种方案的优点是国外有成熟的施工方法,并且应用效果良好,主要缺点是施工设备、环氧沥青以及施工技术需要进口,造价昂贵,是否适合中国国情有待时间检验。

2 新型防水粘结材料试验研究

国内在环氧沥青的研发方面还未取得实质性突破,而在环氧树脂类粘结剂方面的研究已相对成熟。因此研发一种环氧树脂类的粘结剂,该材料与钢板有很好的粘结强度,而且与玄武岩碎石的粘结也非常好。先在喷砂除锈完成后的钢板上涂刷粘结剂,然后在粘结剂初始固化之前将单粒径玄武岩碎石撒上去。这样,等粘结剂完全固化后就在钢板表面形成了粗糙的表面。为研究新材料的力学性能,设计了系统的试验方案,并制作了专门的试验器具。

2.1 强度试验

防水粘结层的主要力学作用是粘结钢板与铺装层,同时承受较大的荷载剪应力。为此设计拉拔强度试验与拉剪强度试验试模见图1、图2所示,试验结果见表1、表2。

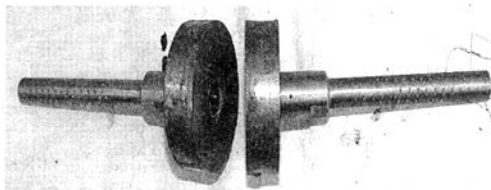


图1 拉拔试验试模



图2 拉剪试验试模

表1 拉拔强度试验结果汇总

试件编号	试验温度 ℃	拉拔力 kN	拉拔面面积 cm ²	拉拔强度 MPa	平均值 MPa
1号	25	16.0	17.365	9.214	8.984
2号	25	15.6	17.365	8.984	
3号	25	15.2	17.365	8.753	

表 2 拉剪强度试验结果汇总

试件编号	试验温度 ℃	拉剪力 kN	剪切面面积 cm ²	拉剪强度 MPa	平均值 MPa
1 号	25	8.9	20.20	4.406	4.089
2 号	25	7.5	19.75	3.797	
3 号	25	9.6	20.20	4.752	
4 号	25	7.6	20.00	3.800	

从试验结果可以看出,该新型防水粘结材料的抗剪强度与抗拉强度可以满足桥梁正常使用状态钢板与防水粘结层的层间抗剪与粘结要求。防水粘结层与铺装下面层的层间抗剪与粘结由撒布在环氧树脂粘结剂上的单粒径碎石及其上的改性沥青粘层油实现。

2.2 高温性能试验

环氧树脂类粘结剂在工程中广泛应用,特别是在加固工程中,而这类工程有一个共同点,那就是一般在常温施工,常温下使用。对于应用于钢桥面铺装工程中的环氧树脂类粘结剂,也是在常温施工,常温下使用,但对于热拌沥青混凝土路面,施工时的高温是其他工程所没有的。这就要求用于钢桥面铺装的粘结剂必须能经受200℃左右的高温考验,而且热拌沥青混凝土铺装必须在高温下摊铺碾压,对于SMA混合料一般要求钢轮压路机起振,胶轮压路机揉搓,这样才能保证较小的空隙率,获得较好的防水效果。同时,钢桥面铺装使用过程中常常要承受70℃左右的高温。因此,粘结剂的高温性能至关重要。新型材料在高温状态下的强度试验结果见表3与表4。车辙试件成形后检查粘结层状况照片见图3。

表 3 EBCL 高温状态下拉拔强度试验结果

试件编号	试验温度 ℃	拉拔力 kN	拉拔面面积 cm ²	拉拔强度 MPa	平均值 MPa
1 号	70	4.1	17.365	2.361	2.188
2 号	70	3.6	17.365	2.073	
3 号	70	3.7	17.365	2.131	

表 4 EBCL 高温状态下拉剪强度试验结果

试件编号	试验温度 ℃	拉剪力 kN	剪切面面积 cm ²	拉剪强度 MPa	平均值 MPa
1 号	70	2.43	20	1.215	1.243
2 号	70	2.55	20	1.275	
3 号	70	2.48	20	1.240	

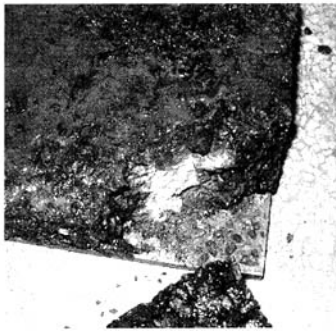


图 3 高温成形车辙试件后凿除一角的防水粘结层界面

2.3 弯曲、变形性能试验

钢桥面铺装要求界面材料对钢板变形具有良好的追随性,因此进行新型防水粘结层弯曲、变形性能试验。在钢板条上制作新型防水粘结层,经过不同曲率半径反复弯曲50次后,该层表面没有出现明显裂痕,在撒了单粒径碎石的钢板表面,甚至反复弯曲到碎石断裂的程度,仍未出现明显的开裂。试验照片见图4。利用沥青延度仪测得的环氧树脂粘结剂的伸长率见表5。

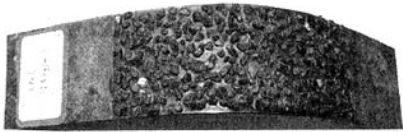


图 4 折弯后的试件

表 5 拉伸伸长率测定结果

试件编号	试验温度 ℃	试件长度 cm	拉断伸长度 cm	拉伸率 %	平均值 %
1 号	25	3.5	0.89	25.4	28.9
2 号	25	3.5	1.22	34.9	
3 号	25	3.5	0.92	26.3	

2.4 老化试验

采用美国SHAP成果提出的压力老化试验测试新型材料的老化性能。老化温度采用100℃,老化时间为20h,容器中的充气压力为2.1MPa。试验结果见表6与表7。

2.5 复合界面剪切对比试验

为了解新材料在提高铺装结构界面抗剪方面的作用,在圆形钢板上制作防水粘结层,并利用马歇尔仪成形试件,利用便携式剪切仪对比测定试件的界面抗剪强度。试验结果见表8。

表 6 PAV 老化后拉拔强度试验结果汇总

试件编号	试验温度 C	拉剪力 kN	拉拔面积 cm ²	拉拔强度 MPa	平均值 MPa
1 号	25	16.8	17.365	9.675	9.675
2 号	25	17.1	17.365	9.847	
3 号	25	16.5	17.365	9.502	

表 7 PAV 老化后拉剪强度试验结果汇总

试件编号	试验温度 C	拉剪力 kN	剪切面积 cm ²	拉剪强度 MPa	平均值 MPa
1 号	25	8.8	20.91	4.209	4.378
2 号	25	9.4	20.80	4.519	
3 号	25	8.9	20.20	4.406	

表 8 钢桥面界面材料复合试件抗剪强度试验结果

试件编号	试验温度 C	破坏部位	破坏剪力 kN	直剪应力 MPa	平均值 MPa
沥青 1	25	粘结层	6.2	0.765	0.735
沥青 2	25	粘结层	5.9	0.728	
沥青 3	25	粘结层	6.1	0.757	
沥青 4	25	粘结层	5.6	0.691	
环氧 1	25	混合料底	10.1	1.246	1.252
环氧 2	25	混合料底	10.0	1.233	
环氧 3	25	混合料底	10.3	1.27	
环氧 4	25	混合料底	10.2	1.258	

试验结果表明,新型环氧树脂类粘结剂较改性沥青可以大大改善铺装体系的界面抗剪强度,是一种有发展前途的新型桥面铺装材料。

3 结论

为解决钢桥面沥青铺装体系的界面抗剪问题,试验研究了一种新型环氧树脂粘结剂,初步进行了一些关键性能的试验。试验结果表明,这种材料能够基本满足钢桥面沥青铺装的要求,是一种值得深入研究并有广泛使用前途的材料。

参考文献:

- [1] 张志宏. 关于钢桥面沥青混凝土铺装层界面抗剪问题的研究[J]. 公路, 2003, (12).
- [2] 余叔藩, 陈仕周, 陈献南. 大跨径悬索桥钢桥面沥青铺装技术[J]. 中国公路学报, 1998, (7).
- [3] 支永光, 程刚, 王利杰. 钢桥面铺装环氧沥青粘结层施工[J]. 浙江交通职业技术学院学报, 2004, (12).
- [4] 赵锋军. 正交异性钢桥面沥青铺装体系受力与疲劳特性研究[D]. 长沙交通学院硕士学位论文, 2003.

Test and Research on Material and Structure of Epoxy Waterproof Adhesive Layer in Steel Bridge Pavement

ZHAO Feng-jun^{1,2}, LI yu-zhi², YI wei-jian¹, SHAO la-geng², WU guo-ping²

(1. Hunan University, Hunan Changsha, 410082; 2. Changsha Communication University, Hunan Changsha, 410076, China)

Abstract: The pavement on steel bridge deck is a difficult problem in engineering and the waterproof-adhesive layer is unsubstantial in all pavement system. For the purpose of improving the performance of waterproof adhesive layer, a new material is developed by tests. On the basis of the analysis of service condition and requirement, the essential performances of this material are tested and studied. The results of test can offer the reference for engineers.

Key words: steel bridge pavement; waterproof-adhesive layer; test