

钢桥面环氧沥青铺装树脂灌浆材料研究与应用

刘舟峰 陈永伟

(浙江舟山跨海大桥有限公司 舟山 316031)

[摘要] 文章基于舟山连岛跨海大桥环氧沥青钢桥面铺装裂缝、鼓包等典型病害,从养护材料性能提升角度出发,开发了高渗透树脂灌缝材料和高强耐水型树脂注浆材料,并通过系列试验,分别对树脂灌缝材料的施工和易性、力学性能、抗冻耐久性,注浆材料的排水置换性能、与钢板和铺装的粘结性能等各项指标进行了评估,同时重点对西堍门大桥裂缝、鼓包等病害进行了集中处治,经过一个寒暑交替运营的跟踪观测,结果表明所研发的灌缝和注浆材料可满足钢桥面小修保养修复性能要求。

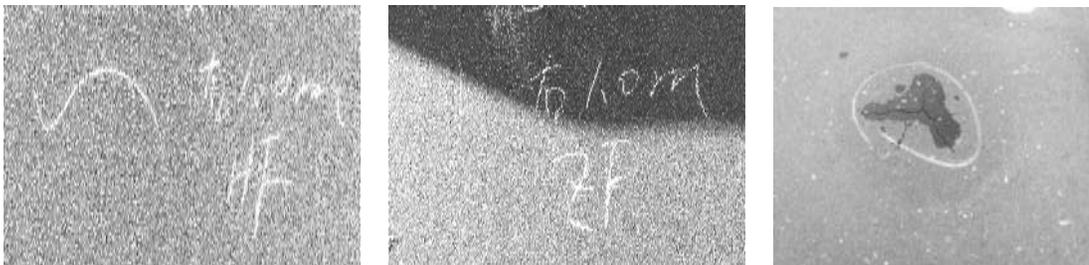
[关键词] 环氧沥青钢桥面铺装;小修保养;高渗透树脂灌缝料;高强耐水型树脂注浆料

1 引言

铺装养护的质量很大程度上取决于养护材料的性能。近几年在大量钢桥面铺装面临迫切的养护需求背景下,行业内多数学术研究工程主要集中于新建钢桥面铺装技术的研究,对钢桥面铺装养护材料技术的关注不足,大桥管养单位上下求索并长期困扰。有的直接采用沥青路面养护材料,比如采用沥青类灌缝材料、乳化沥青冷补料等进行病害修复;有的采用进口供应商提供的养护材料,但针对性不强,且

价格十分昂贵,使用效果并不十分理想。

舟山跨海大桥(又名舟山大陆连岛工程),是国家高速公路甬舟高速公路(G9211)的主要组成部分,地处位于受台风影响频繁的海域,年平均气温18℃,历史极端最高气温34℃,极端最低气温-5℃,年平均降雨日高达200天,达到全年的60%,年平均降水量高达1800mm。通过对西堍门大桥、桃夭门大桥、金塘大桥铺装调研,发现每个车道铺装层产生微裂缝和鼓包病害百余处。



横向裂缝

纵向裂缝

鼓包

图1 舟山连岛跨海大桥钢桥面铺装典型病害

本文主要结合舟山连岛跨海大桥钢桥面铺装裂缝、鼓包等典型病害特征,从养护材料性能提升出发,开发了高渗透树脂灌缝材料和高

强耐水型树脂注浆材料,并对材料性能进行试验评估,同时重点对西堍门大桥桥面铺装裂缝、鼓包病害进行了集中处治和经过一个寒暑交替

收稿日期:2021-07-01

作者简介:刘舟峰(1976-),男,高级工程师,主要从事路基路面养护工作。

运营的跟踪观测，有效提升了铺装使用耐久性。

2 树脂灌缝材料开发及性能研究

2.1 高渗透树脂灌缝材料开发与原理

钢桥面铺装裂缝宽度较窄，过去养管单位追求材料的渗透性，在材料中添加大量的溶剂以降低粘度，而达到饱满封闭裂缝的效果，比如日本的溶剂沥青、水性环氧树脂等等，仅仅是封闭填充，材料自身没有足够的强度，导致使用寿命很短，很快发生二次开裂。

本文基于表面物理化学原理，选用常温低粘度环氧树脂，并配以双官能度活性稀释剂进一步降低树脂固化物的粘度，同时提高固化物的强度；优选具有柔性链段辅材及多胺脂环固

化剂既实现固化物的变形能力，还加速了固化反应速率以缩短养生时间，最终达到“高渗透、快速固化和高强耐久”的技术需求。

2.2 材料性能研究

本文对所研发的高渗透树脂材料进行了系统的性能试验，并与美国进口树脂、日本溶剂沥青以及聚氨酯等灌缝材料进行对比研究，主要评价指标包括：

(1) 施工和易性，包括渗透性、可操作性时间、固化时间等指标。

(2) 力学性能，包括拉伸强度、粘结强度、变形能力等指标。

(3) 耐久性，以抗冻耐久性指标为主。



图2 渗透性试验图

图3 断裂拉伸试验的试件

图4 置入冰箱中冰冻的试件

主要试验结果如下：

①高渗透树脂渗透性深度较好为 37mm；常温需要 5~6h 固化，很好的满足“当日施工，当日开放交通”的要求；且可操作性时间较长，达 2.5h。

②聚氨酯变性能力最好，其断裂延伸率较大，超过 200%，但自身强度较小，仅为 2MPa 左右；进口材料的拉伸强度为 13MPa，断裂延伸率为 90% 左右；高渗透树脂拉伸强度较大，

达到 18MPa 左右，且同时具有较高的变形能力，断裂延伸率高达 90%。

③J 型聚氨酯和 G 型溶剂沥青修补试件在经过冻融循环后，强度出现大幅衰减，试件表面的灌封材料出现了轻微的脱皮现象，而采用高渗透树脂和进口树脂修补的小梁弯曲强度和变形性能变化幅度不大，基本没有衰减，试件接缝位置仍密实，周围混合料无松散现象。

表1 高渗透性树脂灌缝材料制备

| 试验项目 | 试验方法 | 单位 | 高渗透树脂 | 进口 047 | J 型聚氨酯 | G 型溶剂沥青 |
|------------------|------|-----|-------|--------|--------|---------|
| 渗透性 (23℃) | 渗透 | mm | 37 | 13 | 20 | 53 |
| 固化时间 (23℃) | 拉拔 | h | 6 | 5 | 4 | 24 |
| 施工可操作时间 (23℃) | 粘时 | h | 2.5 | 1 | 0.7 | / |
| 抗拉强度 (23℃) | 断裂拉伸 | MPa | 18.2 | 13.3 | 2.1 | / |
| 断裂延伸率 (23℃) | | | % | 91 | 86 | 268 |
| 低温极限应变恢复率 (-10℃) | 小梁弯曲 | % | 92 | 85 | 106 | 79 |
| 冻融循环强度损失率 | | | % | 3 | 10 | 30 |

3 树脂注浆材料开发及性能研究

3.1 高强耐水型树脂注浆材料开发及原理

普通环氧树脂在有水存在或潮湿的钢板表面粘结性能较差,固化剂容易水解,即便采用排水及热空气干燥等措施对鼓包部位进行干燥处治,但鼓包位置空腔内含有大量难以干燥的锈蚀产物及泥浆,若注入的注浆材料无法与钢板及铺装层间形成良好的粘结,就无法实现鼓包位置铺装的协同受力。

本文选择能在高湿或水存在的条件下与环氧树脂发生反应的固化剂。该固化剂是由脂肪

族多胺和羰基化合物脱水缩合而来。由于该固化剂吸收水分后发生逆向反应,可生成多元胺,因此可在潮湿或水下固化环氧树脂。

3.2 材料性能研究

本文对所研发的高强耐水型树脂材料进行了相关性能试验,主要评价指标包括:

(1) 排水置换性能,包括抗水解和排水置换能力。

(2) 与钢板粘结性能,包括湿膜粘结性能。

(3) 与铺装粘结性能,包括湿粘结性能和抗灰尘粘结性能。



图5 “水混法”简易排水置换试验评估



图6 湿膜粘结强度试验

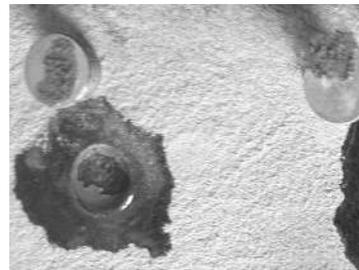


图7 抗粉尘粘结试验

主要试验结果如下:

①由于该树脂混合物相对密度可达到1.07,静置后依靠自身重力可以很快将水从杯底置换到表面,并且置换的水较清晰,未见大量水解树脂混合物;充分搅拌后再次静置,水再次与树脂混合物分离并被置换于表面,水溶液相对浑浊,移除水后下层树脂材料依然完成了较好的固化。

②通过采用拉拔试验方法进行与钢板粘结性能的试验评估,发现无论钢板是否潮湿,高强耐水型树脂均能达到抗拉拔强度($\geq 8\text{MPa}$)要求;当钢板处于潮湿状态时,高强耐水型树脂与钢板的粘结性能降低,且在潮湿环境影响下抗拉拔强度损失约15%。

③通过在环氧沥青混凝土表面撒布粉尘,刷涂注浆材料,进行拉拔强度测试,其拉拔断裂面如图10所示,涂布一定量的粉尘后,环氧树脂与环氧沥青混凝土的拉拔强度没有受到明显的影响,可以清晰地看到粉尘被吸附在拉拔头上,这表明注浆树脂具有较好的渗透性,粉

尘只是充当了“骨料”的作用,并没有在粘结界面处隔断注浆材料。

④采用小梁弯曲试验评价了注浆材料与铺装的粘结性能,其中湿粘结性能相比干粘结性能的衰减幅度较小,可以在水环境下完成很好的固化和粘结,其具有很好的湿固性。

表2 高强耐水型注浆材料技术指标

| 试验项目 | 试验方法 | 单位 | 数值 | |
|---------|------|------|-------|----|
| 排水置换 | 水混法 | Min | 30 | |
| 与钢板粘结强度 | 干粘结 | MPa | 16.87 | |
| | 湿粘结 | MPa | 14.48 | |
| 与铺装粘结强度 | 拉拔 | MPa | 14.9 | |
| 抗粉尘粘结 | 拉拔 | MPa | 16.1 | |
| 强度恢复性能 | 干粘结 | 小梁弯曲 | MPa | 33 |
| | 湿粘结 | | MPa | 23 |

4 依托工程实施及效果跟踪观测

4.1 施工工艺

采用高渗透树脂灌缝材料和高强耐水型树脂注浆材料对舟山西堍门大桥桥面铺装裂缝、

鼓包病害进行了集中处治，其关键施工工序如下。

(1) 树脂灌缝

①直接灌缝

直接灌缝可采用注射或涂刷方式，简单方便。直接灌缝主要是使用热空气喷枪或压缩空气清理裂缝中的碎屑，然后灌入裂缝修补材料进行处治。

②开槽灌缝

对无需切槽的裂缝，应先用铁钩钩出缝内的松动颗粒，再用鼓风机将缝内粉尘、杂质吹扫干净，缝内潮湿时应延长吹扫时间，直至缝内干燥为止。

若裂缝周围混凝土松散程度较重，应进行切槽，切槽机对准裂缝作业，切成V形槽，将松散混凝土切除，切槽宽度视裂缝宽度而定，针对采用开槽处理方式的裂缝，则在开槽后拌制环氧砂浆进行V型槽填缝。



图8 树脂砂浆的拌和及切缝槽填补

③待裂缝处治材料达到固化时间的要求后，即可开放交通。

(2) 高压注浆

高压注浆施工工序流程如下：

①对鼓包位置的桥面铺装层进行打孔，包括至少1个排气孔和1个注浆孔。

②采用鼓风机对桥面钻孔进行吹气除湿，提高内部清洁、干燥度。

③采用高压注浆机对鼓包处进行注浆，当树脂材料恰好溢出孔洞表面时，停止注浆。

④处理完毕后，对桥面进行清洁，养生时间达到固化要求后，开放交通。



图9 现场高压注浆图

4.2 效果跟踪观测

(1) 树脂灌缝

通过对西堍门大桥环氧铺装进行了灌缝处治，根据跟踪观测结果，经过一个寒暑交替运营，灌缝效果良好，未出现二次开裂、渗水等问题。



图10 西堍门大桥灌缝

(2) 高压注浆

通过对西堍门大桥进行高压注浆处治，恢复层间粘结性能，注浆后铺装强度恢复到与原铺装相当。经过一个寒暑交替运营，注浆位置仍保持较好使用状态，未出现开裂、坑槽等二次病害，且铺装强度未出现衰减，约29MPa。

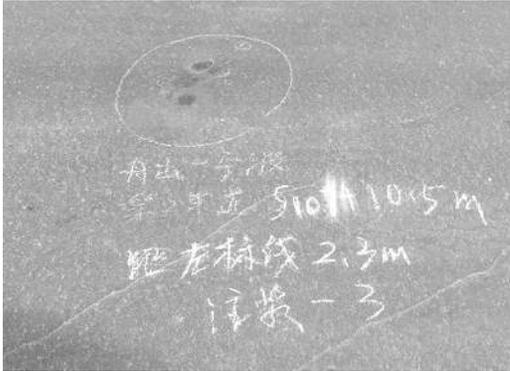


图 11 西堍门大桥压浆处治跟踪观测

5 结论

(1) 开发了高渗透树脂灌缝材料, 具有“高渗透、快固、高强耐久”的特性, 树脂灌缝材料渗透性超过 37mm, 常温固化时间只需 6h 左右, 强度恢复率达到 80% 左右, 且具有较高的抗冻耐久性。

(2) 开发了高强耐水型注浆材料用于脱空注浆, 具有一定的排水置换能力, 与钢板粘结强度达到 16MPa 以上, 湿膜粘结强度超过 14MPa; 与铺装粘结强度达到 14.9MPa, 可以很好的钢板和铺装重新连接成整体协同工作。

(3) 采用所研发的材料重点对西堍门大桥

桥面铺装裂缝、鼓包病害进行了集中处治, 经过一个寒暑交替运营的跟踪观测, 发现灌缝和注浆效果良好, 未出现二次病害等问题, 有效提升了铺装使用耐久性。

参考文献

- [1] 王超, 刘衍锋, 晏冬阳. 正交异性钢桥面环氧沥青铺装养护方案 [J]. 公路, 2018.
- [2] 郭威, 晏冬阳, 朱耀庭. 环氧沥青铺装层病害成因及小修保养策略研究 [J]. 公路与汽运, 2016 (6).
- [3] 谢伟伟. 钢桥面铺装病害分析及修复材料研究 [D].
- [4] 钱振东, 黄卫. 钢桥面沥青铺装养护维修及评价 [M]. 人民交通出版社, 2014.
- [5] 魏玉莲, 宗海. 环氧沥青混凝土钢桥面铺装局部修复新方法 [J]. 中国高新技术企业, 2010 (24): 162-164.
- [6] 张辉, 潘友强, 于迪尔. 基于冷拌改性树脂的钢桥面铺装快速修补材料性能研究 [J]. 现代交通技术, 2015 (1): 7-8.
- [7] 宗海. 环氧沥青混凝土钢桥面铺装病害修复技术研究 [D]. 东南大学, 2005.
- [8] 付栋梁, 胡大林, 钱振东. 钢桥面铺装填缝材料性能指标研究与材料开发 [J]. 公路, 2013 (6): 188-193.
- [9] 钱振东, 王建伟, 陈磊磊. 钢桥面沥青混凝土铺装意外损伤修复材料及修复方法 [P].