

山东高速青岛胶州湾大桥建设丛书

桥面铺装

李丕明 主 编

王兆星

王 林 副主编

王晓乾



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

山东高速青岛胶州湾大桥建设丛书

桥面铺装

■ 李丕明 主 编

■ 王兆星

王 林 副主编

王晓乾



人民交通出版社股份有限公司

内 容 提 要

本书详细介绍了胶州湾大桥桥面铺装科研项目的具体过程。全书共有九章,分别为桥面铺装概述、破坏类型及成因分析、桥面铺装方案研究、原材料及沥青混合料试验研究、防水系统性能试验及层间稳定性研究、复合结构试验研究及有限元分析、试验桥研究、铺装层设计与工程实施纲要、桥面铺装施工质量检测与过程控制。

本书丰富了我国桥梁尤其是海上桥梁桥面铺装的建设技术资料库,可供跨海工程、桥梁工程技术人员和高等院校师生参考借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

桥面铺装 / 李丕明主编. —北京:人民交通出版社股份有限公司, 2016. 11

(山东高速青岛胶州湾大桥建设丛书)

ISBN 978-7-114-13406-7

I. ①桥… II. ①李… III. ①跨海峡桥—桥面铺装—青岛 IV. ①U448.19

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 255413 号

山东高速青岛胶州湾大桥建设丛书

书 名: 桥面铺装

著 作 者: 李丕明

责任编辑: 张征宇 刘永芬

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门东大街斜街3号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 14

字 数: 333 千

版 次: 2016 年 11 月 第 1 版

印 次: 2016 年 11 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-13406-7

定 价: 45.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

《山东高速青岛胶州湾大桥建设丛书》

编审委员会

主 任:孙 亮

副主任:艾贻忠 姜振亭

委 员:姜言泉 陈代级 钱 洪 于 潜 董淑喜
刘元良 刘殿君 杨振平 邵新鹏

编辑工作委员会

主 任:姜言泉

副主任:邵新鹏

成 员 (按姓氏笔画排列):

于 坤	于天胜	于长河	马士杰	王 麒
王兆星	王存毅	王行耐	王明军	王晓昆
王晓乾	韦晓霞	刘国强	庄纪文	闫宗山
吴 健	宋吉刚	张 莉	季 辉	季锦章
周 斌	周焕涛	荆玉才	赵建刚	赵世超
段爱忠	徐 强	郭保林	崔 峰	商 晨
盖国晖	董君玲	彭 霞	程建新	翟文琦
蔡建军	鞠锦慧			

《桥面铺装》编委会

主 编:李丕明

副 主 编:王兆星 王 林 王晓乾

编写人员(按姓氏笔画排列):

马士杰	王 焱	王鹏伟	韦金城	付建村
白吉祥	刘 平	刘士林	孙顺贤	孙彩霞
李传夫	李浩山	胡宗文	盖国晖	董光坤

序

山东高速青岛胶州湾大桥(以下简称胶州湾大桥)是我国北方冰冻海域特大桥梁工程,是青岛市规划的东西跨海通道“一路一桥一隧”中的“一桥”。大桥全长 41.58km,为山东半岛蓝色经济区战略的重要交通枢纽,对进一步完善青岛市东西跨海交通联系,为城市的深度发展拓展出崭新的空间。

胶州湾大桥,由青岛市人民政府采取特许经营权模式,进行公开招标。山东高速集团凭借良好的信誉、雄厚的资金和技术实力、丰富的建设管理经验,一举中标成为项目法人。

胶州湾大桥,早在 1993 年 4 月就开始前期工作,经历了规划、预可、工可、初设、施工图设计和招投标等严格的建设程序,共历时 13 年零 8 个月。这期间,包括两院院士、长江学者在内的数百名中外专家、学者为大桥付出了心血和汗水。

胶州湾大桥开工建设以来,国家有关部委,山东省委、省政府以及青岛市委、市政府等各方面高度重视,要求建设者高标准、高质量建成精品工程。全体建设者露宿风餐、无私奉献、奋勇攻关,确保了工程质量、建设进度和施工安全,整个工程建设过程中,未出现一起质量、安全事故,没有发生一起违法违纪事件。

胶州湾大桥建设者始终坚持创新引领,攻克了许多特大型跨海大桥的技术难题,他们发明的“水下无封底混凝土套箱技术”为世界首创;“稀索斜拉桥索塔的耳板锚固方式”具有独创性;兼具防雾和景观功能的 LED 桥梁护栏节能灯为世界首创;应用 4D 技术和 4D 管理理念实现了项目管理的集成化和可视化管理;并且在结构耐久性的研究和长寿命评估方面,实现了大桥全寿命周期的过程控制。从而全面提高了胶州湾大桥的运营效率、降低了运营成本,延长结构的实际使用寿命,为海上桥梁的耐久性设计提供了数据基础和理论依据。

胶州湾大桥于 2011 年 6 月 30 日全线通车,它结构新颖,造型独特,气势恢弘,美观大气,像一条玉带飘荡在蔚蓝色的大海上。它也对冰冻海域的大型桥梁建设提供了一个可资借鉴的经验和样板。

鉴于胶州湾大桥在科技创新、工程美学价值、与自然环境的协调统一等各方面的成绩,很有必要编写这套丛书。而且就在本书即将付梓的时候,今年 6 月,在美国匹兹堡举行的世界桥梁大会上,胶州湾大桥荣获组委会颁发的“乔治·理查德森大奖”。这个奖项是专门授予那些在技术创新、工艺造型、工程质量、人才培养等方面都有卓越表现的大型桥梁工程,为中国桥梁工作者赢得了荣誉。

借此机会,向胶州湾大桥所有的建设者表示祝贺!

胡希捷

2013 年 7 月 1 日

前 言

山东高速青岛胶州湾大桥是我国在北方寒冷冰冻海域建设的首座特大型桥梁集群工程,是青岛市交通规划中东西岸跨海通道“一路、一桥、一隧”中的“一桥”,是国家高速公路网青岛至兰州高速公路的起点段。

胶州湾大桥所处海洋环境恶劣,长期处于多雾天气中,湿度大。为确保桥面铺装工程质量和运营期间行车安全,山东高速青岛公路有限公司组织多家单位成立了课题研究小组,从损伤(坏)机理、材料设计、结构优化、性能评价、施工控制等方面对水泥混凝土桥面沥青混凝土铺装及钢箱梁桥面铺装进行系统研究,重点对铺装层设计理念、设计方法、防水黏结层方案以及铺装层用混合料设计进行优化,最终确定适合我国北方沿海寒冷冰冻海域气候环境特征和交通荷载特性的典型结构层方案并进行推广应用。

本书的出发点和落脚点是系统介绍大型桥梁桥面铺装的设计思路、设计方案、施工技术、科学研究等方面的经验,进一步丰富我国跨海桥梁建设技术资料库。

《桥面铺装》共分为九章:第一章为桥梁与桥面铺装概述,简要介绍了桥面铺装技术研究和胶州湾大桥桥面铺装的使用条件;第二章为桥面铺装破坏类型及成因分析,介绍了桥面铺装常见病害类型和破坏形式,并对影响因素进行分析;第三章为桥面铺装方案研究,提出了胶州湾大桥桥面铺装方案,并进行试验设计;第四章为铺装原材料及沥青混合料试验研究,对料源进行分析,并进行混合料设计和优化;第五章为防水系统性能试验及层间稳定性能研究,介绍了桥面铺装的防水概念、防水体系组成、防水材料技术要求、防水材料性能指标、防水材料试件制作及试验对比;第六章为复合结构试验研究及有限元分析,介绍了复合结构的方案设计、汉堡实验研究、试件模量试验、试件静载蠕变试验和铺装层结构的有限元计算;第七章为试验桥研究,介绍了试验桥的现场施工控制和质量检测,以及防水卷材施工和性能检测;第八章为铺装层设计与工程实施纲要,介绍了主要设计参数、施工注意事项、桥面排水、试验段施工及施工质量管理与检查验收;第九章为桥面铺装施工质量检测与过程控制,介绍了胶州湾大桥现场施工、桥面铺装施工质量控制及总量检验,并对桥面沥青混合料路用性能进行监控统计分析。

限于编写时间及编写者水平,本书难免存在不当之处,恳请同行指正。

编 者
2016年7月

目 录

第 1 章 桥梁与桥面铺装概述	(1)
1.1 桥梁及桥面铺装	(1)
1.2 桥面铺装技术研究概述	(2)
1.3 胶州湾大桥桥面铺装使用条件	(7)
第 2 章 桥面铺装破坏类型及成因分析	(11)
2.1 概述	(11)
2.2 桥面铺装常见病害类型及成因分析	(11)
2.3 桥面铺装破坏形式及控制指标	(16)
2.4 桥面铺装破坏影响因素分析	(18)
第 3 章 桥面铺装方案研究	(37)
3.1 国内外水泥混凝土桥面铺装典型结构设计	(37)
3.2 胶州湾大桥桥面铺装方案	(42)
3.3 桥面铺装试验设计	(45)
3.4 水泥混凝土桥桥面铺装设计路线图	(47)
第 4 章 铺装原材料及沥青混合料试验研究	(49)
4.1 桥面铺装料源分析	(49)
4.2 铺装混合料设计	(59)
4.3 铺装层混合料优化设计研究	(78)
第 5 章 防水系统性能试验及层间稳定性能研究	(84)
5.1 桥面铺装的防水概念	(84)
5.2 桥面铺装防水体系组成	(84)
5.3 桥面防水材料技术要求	(85)
5.4 桥面防水材料性能指标	(85)
5.5 桥面防水材料试件制作及试验对比	(91)
5.6 小结	(105)
第 6 章 复合结构试验研究及有限元分析	(107)
6.1 复合结构方案设计	(107)
6.2 复合结构汉堡实验研究	(108)
6.3 复合结构试件模量试验	(110)
6.4 复合结构试件静载蠕变试验	(114)
6.5 铺装层结构的有限元计算	(116)

6.6 小结	(124)
第7章 试验桥研究	(125)
7.1 概述	(125)
7.2 现场施工控制及变异性分析	(135)
7.3 试验段质量检测	(147)
7.4 防水卷材施工	(157)
7.5 卷材连续作业段施工后性能检测	(165)
7.6 结论	(169)
第8章 铺装层设计与工程实施纲要	(171)
8.1 主要设计参数	(171)
8.2 施工注意事项	(175)
8.3 桥面排水	(180)
8.4 试验段施工	(181)
8.5 施工质量管理与检查验收	(182)
第9章 桥面铺装施工质量检测与过程控制	(187)
9.1 胶州湾大桥现场施工	(187)
9.2 胶州湾大桥桥面铺装施工质量控制及总量检验	(190)
9.3 胶州湾大桥桥面沥青混合料路用性能监控统计分析	(200)
9.4 桥面铺装实施掠影	(206)
参考文献	(208)

桥梁与桥面铺装概述

1.1 桥梁及桥面铺装

高速公路属于全封闭交通系统,桥梁作为道路连续交通的瓶颈部位,占高速公路里程比重较大,在维修过程中严重影响交通流,制约着整个路网的通行能力。

如图 1.1-1 所示,桥面铺装作为桥梁直接承受车辆荷载冲击与磨损的部分,同时承受梁体变形和环境因素的作用,主要功能是保证桥上行车的舒适性,一方面分散车辆的集中荷载,另一方面起联结各主梁共同受力的作用。因此,要求具有足够的强度和良好的整体性,并且有足够的抗剪切、抗疲劳、抗开裂和耐磨性能。因桥面铺装一旦损坏可能直接阻断交通,危及桥梁耐久性与安全运营,为此,桥面铺装比一般路面应更具有重要性,需有更长的寿命与更好的质量。随着交通量及轴载愈来愈大,气候条件日渐苛刻,我国的桥面铺装普遍出现严重的早期病害,这直接影响桥梁的服务品质,造成巨大的经济损失,已经成为影响高等级高速公路功能发挥和诱发交通事故的一大病害。

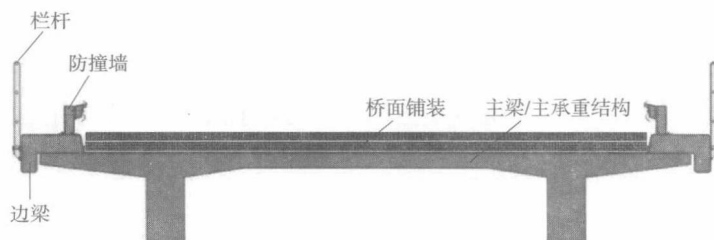


图 1.1-1 桥梁构成示意图

桥梁建设中对桥梁结构的设计和施工都十分重视,但对桥面面层的应用技术和防水层设计研究却没有引起足够的重视。随着我国高速公路的快速发展和大型特大型桥梁、城市高架桥的大量建设,各方面的技术、施工工艺也正在不断完善,但交通量的迅猛增长和超载现象的日益严重,一些隐藏的病害也不断显现出来,桥面混凝土铺装层的早期损坏大量涌现,严重时甚至影响桥面铺装层和桥面板的使用寿命,使桥面水泥混凝土铺装层破损,钢筋锈蚀,不但表面服务性功能下降,而且留下安全隐患。

不同的国家和地区,都有适用于自己使用条件的桥面铺装类型,每一种铺装都自成系

统,基本形成了自身的技术指标体系。这不仅反映了现代材料科学技术成果的多样性,也促使人们在借鉴别国成功经验的同时,必须结合本国本地区的气候特点、桥梁结构特点、交通荷载特点及地方原材料特点,进一步深入研究解决桥面铺装这一技术难题,否则,生搬硬套别国的规范体系,则容易出现失败的案例。因此,从系统的观点出发,结合桥梁所处地区的气候特点及交通荷载特性,将桥面铺装的设计、施工、养护作为一项精细工程研究,无疑对提高桥面铺装的使用年限和服务水平,延长桥梁的整体寿命具有重要意义。

1.2 桥面铺装技术研究概述

1.2.1 水泥混凝土桥桥面铺装技术研究

1.2.1.1 分类

桥梁铺装按照桥面板材料类型主要分为钢桥面铺装和水泥混凝土桥面铺装两种形式,按铺装材料类型分为刚性铺装(以钢筋混凝土为主)、柔性铺装(以沥青混凝土为主)和刚柔组合式铺装三类。

1.2.1.2 国外研究概述

国外对水泥混凝土铺装结构的研究主要侧重防水层和铺装结构两个方面。水泥混凝土桥桥面铺装,一般包括防水层和沥青混凝土上面层。

(1) 防水层

欧美自 20 世纪 60 年代已开始大量采用桥面防水层,其中美国联邦公路局 1972 年规定应对桥面采取保护措施以防止钢筋腐蚀和桥面破坏。TRL 和 DECD 及 NCHRP 等机构从实际应用的角度对桥面防水进行了系统的研究。许多国家重视防水层的应用,而荷兰则特别注意桥面混凝土面层的修建及其质量,日本和澳大利亚是有选择地应用防水层。而德国的桥面铺装更重视防水体系的完善,铺装结构组合特别是防水层的结构形式多种多样。有防水层反应性树脂缓冲层、反应性树脂改性沥青黏层、反应性树脂改性沥青薄膜、反应性树脂 SMA 致密层等。表 1.2-1 列出了水泥混凝土桥常用的防水层类型及其在各国使用的百分比。

各类型防水层的应用范围(%)

表 1.2-1

国名	比利时	法国	英国	意大利	丹麦
地沥青胶砂	75	20 ~ 30	10	70	15
预制层	25	60		90	85
薄膜	—	10 ~ 20	—	10	—

桥面防水体系的修筑是提高桥梁使用寿命的重要保证,不容忽视,它与面层的设计与施工是有机的整体。

(2) 铺装结构

国外经过几十年的实践与探索,结合各自国家和地区的具体情况,在水泥混凝土桥面铺装方面选用的结构类型与厚度不尽相同,一般采用沥青混凝土铺装层,包括防水层和沥青混凝土面层,概况见表 1.2-2。

国外混凝土桥桥面铺装结构

表 1.2-2

国家	防 水 层				面 层	
	类型	结合料	厚度 (mm)	面层黏结层	中层及厚度 (mm)	表面层及厚度 (mm)
瑞典	沥青胶砂	沥青胶	8 ~ 12		沥青混凝土 (35) 沥青胶砂 (30) 沥青混凝土 (10) + 预拌 沥青砂砾 (> 150) 水泥混凝土 (50) + 沥青 混凝土 (35)	沥青混凝土 (40) 沥青胶砂 (30 ~ 50) 沥青混凝土 (40) 沥青混凝土 (40)
	预制板	沥青胶	2		沥青混凝土 (35) 沥青胶砂 (30) 沥青混凝土 (10) + 预拌 沥青砂砾 (> 150)	沥青混凝土 (40) 沥青混凝土 (40)
	薄膜	沥青膏	10		水泥混凝土 (50) + 沥青 混凝土 2.1kg/m ²	沥青混凝土 (40)
奥地利	预制板				浇注式沥青混凝土 (80)	浇注式沥青磨耗层 (40)
澳大利 亚	薄膜		4.51kg/m ²	沥青涂层 或硬沥青 2.1kg/m ²		沥青混凝土 (50)
	预制层		2			
意大利	地沥青胶砂	清漆 + 完全 独立层	10	乳化沥青	沥青混凝土 (50) 沥青混凝土 SBC (25)	沥青混凝土 (50) 沥青混凝土 SBC (25)
	薄膜	树脂	2 ~ 3kg/m ²		沥青混凝土 (60)	沥青混凝土 (30)
	预制层	清漆	5	热铺合成 橡胶沥青	沥青混凝土 (60)	沥青混凝土 (31)
法国	地沥青胶砂	胶黏清漆 + 部分独立层	4 8		摊铺沥青混凝土 (26) 摊铺沥青混凝土 (22)	沥青混凝土, 极例外情况 为特别铺装含有聚酯类或纤 维或摊铺沥青混凝土 (50 ~ 100)
		树脂	1.5 ~ 3			
	薄膜	胶黏清漆	4 4 ~ 6		摊铺沥青混凝土	
比利时	地沥青胶砂	完全独立层	15 10		沥青混凝土 + 用于重新 整形的沥青混凝土 (30)	沥青混凝土 (30 或 50)
	预制层	胶黏清漆	2 ~ 5			

续上表

国家	防水层				面层	
	类型	结合料	厚度(mm)	面层黏结层	中层及厚度(mm)	表面层及厚度(mm)
英国	地沥青胶砂	可能独立的各层	20			热拌地沥青(30)或热拌地沥青(100)(双层)或水泥混凝土(150)
	预制层	胶黏清漆	3.5 或 6		地沥青砂保护层	
荷兰					重新整形用沥青混凝土(30)	浇筑式沥青混凝土(40)
日本					沥青混凝土,有时含有改性黏结料(40~50)	沥青混凝土,有时含有改性黏结料(30~50)

日本道路协会《水泥混凝土桥面设计施工纲要》规定钢筋混凝土桥采用如下铺装形式:

- ①沥青层+板状防水材料+沥青橡胶黏结剂+混凝土;
- ②沥青层+3层氯丁橡胶型防水材料+氯丁橡胶黏结剂+混凝土;
- ③沥青层+乳化沥青(黏结)+沥青层(防水)+沥青橡胶黏结剂。

印度使用平均75mm厚的钢筋混凝土(钢筋网格200×200mm²)磨耗层,磨耗层和路缘石之间的垂直接缝填以沥青,平均8cm厚的沥青混凝土磨耗层分两层铺设。

1.2.1.3 国内研究概述

(1) 研究历史

①国内道桥用防水涂料专题研究始于1991年上海的南浦大桥,该课题的研究成果在南浦大桥桥面成功应用,并迅速推广。

②1999年,交通部委托长安大学成立专题小组对防水层进行专项研究,该课题的研究成果被写进《公路工程质量检验评定标准》(JTGF 80/1—2004)(2005-01-01实施)中。

③2005年,国家发改委正式颁布道桥用防水涂料材料规范,桥面防水施工规程仍在编制当中。

(2) 防水体系及铺装层结构存在问题

相对于国外的研究,我国在混凝土桥面防水的研究尚处在初级阶段。北京、天津等地在混凝土桥面应用桥面防水层已有多,但大多数地区对桥面防水层的应用仍处于起步阶段。经研究,目前防水层在实体工程应用中存在的主要问题有:

①防水体系的认识方面:由于防水层材料、施工工艺的多样性,各地缺乏完善统一的桥面防水设计、施工、监测规范和标准,对桥面防水缺乏系统的认识,对其在桥面铺装中的重要作用没有引起足够的重视,设计时盲目性很大,如未考虑桥梁细部构造的防排水处理,最终导致防水体系整体失效等(图1.2-1)。

②防水材料的选择方面:主要依靠工程师的经验和厂家的推荐做出判断,缺乏科学性,生产商提供的技术指标及标准具有局限性,多为针对本材料有利的专业性技术指标,缺乏一套适用于选用和评价桥面防水材料的性能指标和试验手段以及工程技术标准,导致桥面防水材料市场混乱,质量参差不齐,大量伪劣产品进入桥面防水市场,造成工程隐患。

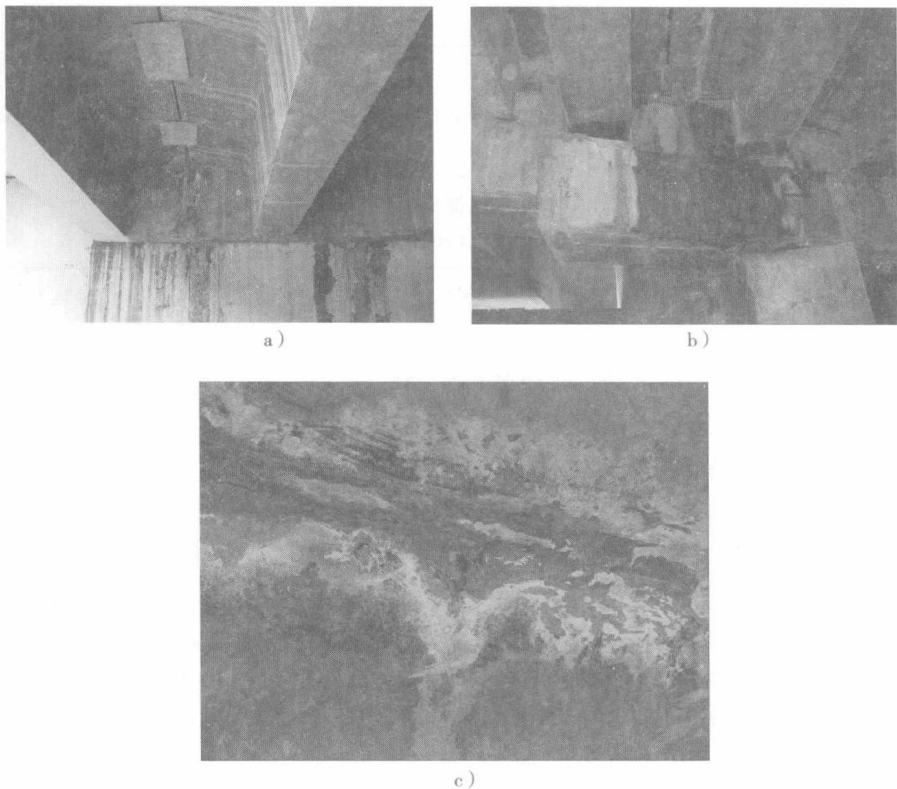


图 1.2-1 铺装层及防水体系失效导致水渗入桥面板

③施工工艺方面:当前桥面防水思路及技术标准多从屋顶防水工程转化而来,施工工艺简单照搬,对桥面处理认识不足,常常只做简单处理甚至不做处理。施工技术人员素质低下,不能完全执行设计意图或者施工设备简陋、落后,往往事倍功半。

④对现场施工质量的检测与控制措施过少,桥面处理质量及后续措施大多凭监理人员的观察和经验,缺乏对施工质量的定量的检测与控制,导致面层铺筑结束后,防水层材料预期性能的可靠度无法得知。

国内部分地区混凝土桥桥面铺装层结构见表 1.2-3。

国内部分地区混凝土桥桥面铺装层结构(早期) 表 1.2-3

地区	桥 梁 名 称	桥面铺装材料	铺装层厚度(cm)
北京	京津塘高速公路	上层:沥青混凝土	5
		中层:沥青混凝土	6
		C30 钢筋混凝土	10
上海	沪嘉高速公路上海段	上层:沥青混凝土(中、粗) 中层:水泥混凝土	
天津市	永和大桥	沥青混凝土	1.5(细粒) 3.5(粗粒)
	蝶式立交桥	沥青混凝土 (二层浇细粒式和中粒式)	5

续上表

地区	桥梁名称	桥面铺装材料	铺装层厚度(cm)
深圳	深南路—红岭路立交桥	上层:沥青混凝土	4
		下层:C30 钢筋网混凝土	5
	深南路—上步路立交桥	上层:沥青混凝土	4
		下层:C30 钢筋网混凝土	8

针对公路混凝土桥面的防水黏结问题,国内也有研究单位研究开发了一些如聚合物改性沥青类(溶剂型或胶乳类),聚氨酯或环氧树脂沥青类(溶剂型)等柔性防水黏结材料,在混凝土桥铺装中使用,如果不进行系统的桥面铺装防水设计,该类材料以薄膜状态存在于桥面板与铺装之间,对有裂缝的桥面部位的防水仍然无太明显效果。

(3) 沥青路面设计规范及施工技术规范中存在的问题

《公路沥青路面设计规范》(JTJ 014—97)规定,沥青混凝土铺装层应由黏结层、防水层及沥青面层组成。高速公路、一级公路的沥青桥面铺装,厚度应为6~8cm,特殊情况可增至10cm。高速公路、一级公路的沥青桥面铺装应为双层式,下层为3~4cm整平层,可用中粒式沥青混凝土。《沥青路面施工和验收规范》(GB 50092—96)建议采用高温稳定性好的AC-16型或AC-20型中粒式热拌热铺沥青混凝土混合料;表面层的厚度与混合料级配类型宜与其相邻路面的沥青表面层的厚度、混合料类型相同,以便一起施工,减少接缝。二级及二级以下公路的桥面铺装,厚度宜为5~8cm,可做成单层式或双层式,双层式铺装层的表面层的厚度不宜小于2.5cm。表面层与下面层之间应洒黏层沥青。黏结层可使沥青下面层、防水层与桥面板连接成整体,用于黏结层的沥青应具有较大的黏结力,一般用乳化沥青或改性乳化沥青,洒布量宜为0.4~0.5kg/m²。

现行公路沥青路面设计规范及施工技术规范等仅对桥面铺装的防水体系提出了原则性要求,该防水体系主要指底涂层和防水层的设置,侧重外界水“进入后”的“防护”问题,对防止外界水进入前的“疏导”,缺乏相应的细节设计。铺装层级配设计不合理和施工过程中压实度不够,都会导致面层混合料空隙率过大,在使用过程中易发生开裂,从而诱发水分进入。如果桥面的排水系统设置不当,进入的水分未能及时排出,产生“浴缸效应”,势必会加剧铺装层的破坏。近年来桥面渗水严重,特别是城市高架桥。为提高桥梁的使用年限、减少维修保养,规范规定在黏结层上设置防水层,桥面防水层的厚度为1.0~1.5mm。通过调查发现,如此设置的桥面黏结层较弱,其水稳定性较差且易被后续施工车辆损坏,破坏了原有的层间联结,铺装层在车辆水平荷载的作用下与水泥混凝土桥面板发生滑移,这也是行车道产生推移和拥包的重要原因。原路面的破坏形式主要是车辙及局部的松散与坑槽,抗滑性能的下降,裂缝类的病害很少,因此推测引起桥面腐蚀破坏的主要原因是由于防撞护栏排水设置的不合理,导致下雨时,雨水沿着路面与防撞护栏的接缝处渗入,因此,桥面排水系统设计及细部构造等须引起足够的重视。

为避免防水层在施工过程中被损坏,规范提出宜铺设厚度为1cm的AC-10或AC-5沥青混凝土或单层表面处治。JTJ 032—94和GB 50092—96规定了三种防水层型式:①分两次洒布、总用量为0.4~0.5kg/m²的沥青或改性沥青黏层,撒布一层中砂,碾压形成的沥青涂胶

类下封层;②涂刷聚氨酯胶泥、环氧树脂、阳离子乳化沥青、氯丁胶乳等高分子聚合物涂胶;③铺设沥青或改性沥青防水卷材,或浸渗沥青的无纺土工布,通过沥青黏层与桥面黏结。另外,还规定多雨潮湿地区、纵坡大于5%或设计车速大于50km/h的大中型高架桥、立交桥桥面应铺设抗滑表层。

在《公路沥青路面设计规范》(JTJ 014—97)中,我国首次将水泥混凝土桥面铺装的内容作为条款列入设计规范(主要针对柔性铺装层),随后的《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)又对水泥混凝土桥面铺装做了进一步的规定(主要针对刚性铺装层和复合式铺装层),在《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032—94)和《沥青路面施工和验收规范》(UB 50092—96)中也都曾对水泥混凝土桥面沥青铺装提出过相应的规定。《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2006)指出,对特大桥、重要大桥等的桥面铺装应进行专项设计。从这些规范中不难看出,对铺装层结构的论述主要是对所用材料、做法及厚度等作了较原则的规定,而如何设计未予阐述。针对《桥面防水的材料技术标准》2005年出版,而对防水层的施工和验收的技术规范还是空白。使设计人员进行桥梁结构设计时,对桥面防水层的设置较为简单,没有明确的要求和说明。可见现行规范中桥面铺装的设计还是空白,铺装层的设计无章可循。

1.2.2 小结

桥面铺装是一个极其复杂的多向受力结构,桥型结构、跨径及桥梁宽跨比的差异及铺装层本身的结构(结构组合、材料参数及力学特性等)都影响桥梁的应力分布,桥面铺装的影响因素错综复杂,宏观表现也各不相同。大量的工程建设对科技势必提出更高的要求,完整、科学、可行的桥梁设计与控制体系是今后土木、交通等工程技术必须解决的关键技术问题。其中铺装结构组合设计和铺装材料的研究,是这一设计体系的主要组成部分,更是技术难点所在。除设计体系的问题外,即使设计了好的铺装体系,如在施工过程中由于施工水平限制等因素,混合料的级配等因素发生较大变异,其实际使用性能也大打折扣。因而需要结合桥梁所处的环境、气候及交通荷载特点进行针对性设计。应明确桥面铺装层各结构层计算模型,力学特性及相关参数,为桥面铺装的设计提供指导,同时加强对各铺装材料的材料性能指标和测试技术的研究,开发适应桥面破坏机理的新材料。另外,桥面铺装设计必须改变“重防不重排”的观念,一方面加强密水性混合料铺装面层研究;另一方面,科学设计排水体系,加强桥面铺装的施工细节的管理和施工质量的控制,减少施工变异性,加强对现场、即时、无损检测仪器的开发、研究和应用,是保证桥面铺装按照预期设计发挥功能,减少桥面铺装病害发生的重要手段。

1.3 胶州湾大桥桥面铺装使用条件

胶州湾大桥位于胶州湾北部,是青岛市道路交通网络布局中胶州湾东西两岸跨海通道的重要组成部分。大桥规划全长41.58km,现通车里程36.48km,是目前世界第一跨海大桥。大桥建有三座航道桥:沧口航道桥和红岛航道桥主跨采用稀索钢斜拉桥,大沽河航道桥采用独塔自锚式钢悬索桥;非通航孔桥采用混凝土连续箱梁。因此胶州湾大桥是一座既有钢桥面结构又有水泥混凝土桥面结构的复杂桥梁集群工程。同时特殊的地理位置和交通战略特点使其具有区别于其他地区水泥混凝土桥梁及大跨径钢桥梁桥面铺装的特点:

(1)海域气候特点复杂,桥面铺装使用环境恶劣

该地区位于胶州湾畔,濒临黄海,属季风气候区,气候季节变化较明显(表 1.3-1)。冬半年(10 月至翌年的 3 月)呈大陆性气候特点,气候干燥、温度低;夏半年(4 月至 9 月)受东南季风影响,空气湿润,雨量充沛,日温差小,呈现海洋性气候特征。1965~2004 年气象资料表明,该地区极端最高气温为 38.9℃,极端最低气温为-14.3℃,日持续高温≥32℃最多年为 12 天,降水强度大,年平均降水量为 662.1mm,年平均相对湿度为 70.9%,最大积雪深度为 20cm,平时多雾天气占全年的 13%,且富含盐分。通过吸附等方式进入混凝土的水分中夹杂着较高浓度的氯盐,在反复冻融作用下,极易引起桥面板(梁)及混凝土铺装层以盐冻剥蚀为主的腐蚀破坏。

青岛地区气温参数 表 1.3-1

项 目		团 岛	青 岛 市
气温	极端最高(℃)	37.9	38.9
	极端最低(℃)	-12.5	-14.3
	年平均(℃)	12.6	12.7
	1 月平均(℃)	0.1	-0.5
	7 月平均(℃)	22.9	24.2
	高温日≥35℃最多年	1.0	2
	年最高(≥35℃)平均日数(天)	0.05	0.1
	高温日≥32℃最多年(天)	6.0	12
降水	最多年降水量(mm)	1220.1	1253.7
	最少年降水量(mm)	254.0	308.3
	平均年降水量(mm)	670.7	662.1
	年平均降水日数(≥0.1mm)	69.3	83.1
	日最大降水量(mm)	283.6	223.0
	降水日数最多年	74	106
	最长连续降水日数	12	12
雾日	最多年雾日(天)	70	79
	最少年雾日(天)	31	33
	平均年雾日(天)	47.7	50
相对湿度	1 月平均	64%	63%
	7 月平均	89%	88%
	年平均	73%	70.9%
雷暴日	最多年雷暴日(天)	49	29
	最少年雷暴日(天)	12	9
	年平均(天)	21.6	20