



双曲拱桥检测评定 与加固技术

INSPECTION EVALUATION AND STRENGTHENING OF
DOUBLE ARCH BRIDGES

陈 强 孟阳君 周先雁◎编著



人民交通出版社
China Communications Press

014030797

U448.22
09



双曲拱桥检测评定 与加固技术

INSPECTION EVALUATION AND STRENGTHENING OF
DOUBLE ARCH BRIDGES

陈 强 孟阳君 周先雁◎编著



人民交通出版社

Chi

SS



北航

C1719564

U448.22
09

内 容 提 要

本书从双曲拱桥的概念及组成出发,结合双曲拱桥检测、评定与加固改造实践,系统归纳双曲拱桥常见的病害及其原因,简要地介绍了双曲拱桥检测内容、设备以及技术状况评定方法,重点分析了双曲拱桥计算理论、有限元分析及承载能力评定等,并以具体旧桥加固改造实例,阐述加固原理及其效果。

本书适用于长期从事公路旧桥研究、设计人员及公路桥梁管理、施工人员,也可作为市、县级公路管理养护技术人员的培训和自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

双曲拱桥检测评定与加固技术 / 陈强, 孟阳君, 周先雁编著.
—北京: 人民交通出版社, 2013. 12

ISBN 978-7-114-11001-6

I. ①双… II. ①陈… ②孟… ③周… III. ①双曲拱桥—
检测②双曲拱桥—加固 IV. ①U448.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 269207 号

书 名: 双曲拱桥检测评定与加固技术

著 作 者: 陈 强 孟阳君 周先雁

责任编辑: 卢仲贤 袁 方 闫吉维

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

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: 9.75

字 数: 225 千

版 次: 2013 年 12 月 第 1 版

印 次: 2013 年 12 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-11001-6

定 价: 45.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

1964年,江苏无锡县建桥职工创造了一种新型拱桥——双曲拱桥。这种结构充分发挥了施工便捷的特点,节省了钢材,便于取材,大大加快了施工进度,20世纪60~80年代在我国迅速推广。经过一段时期使用后,所有双曲拱桥都出现了不同程度的损坏,影响其安全性能和使用寿命。因此,如何判断双曲拱桥技术状况和承载能力,以及如何提高旧双曲拱桥承载能力和改善行车性能,延长使用寿命,适应当今社会快速发展,这是本书研究的课题。

近年来,作者先后主持和参与了双曲拱桥的检测、评定、监控和加固施工工作,在大量工程实践中积累了丰富的经验。本书将具有代表性的典型桥梁病害、检测、评定、加固维修的技术资料,进行了系统归纳和总结。

本书共第5章,第1章绪论介绍了双曲拱桥的历史、养护的维修、检测及评定现状;第2章对双曲拱桥的桥面、拱上建筑、腹拱圈、墩台基础以及附属常见的典型缺陷和病害做了较为系统介绍,针对各类病害进行分析;第3章对双曲拱桥的评定进行了系统介绍,从检测内容、设备以及技术状况评定方法等方面进行了详细说明;第4章重点介绍了双曲拱桥理论计算,有限元分析、承载力能力评定方法以及桥梁荷载试验评定;第5章系统介绍了双曲拱桥加固原理与方法及实例。全书列举技术状况评定、承载能力评定以及维修加固实例。既有理论性又有实践性,为从事公路交通建设、养护部门的工程技术人员和管理人员提供参考。

本书的编写分工如下:湖南城市学院陈强(第1、2、4、5章)、中南林业科技大学孟阳君(第4章、后记)、中南林业科技大学周先雁(第3、4章)、长沙理工大学陈向阳(第5章)、广州机械化公司王鹏(第2章)等。全书由陈强统稿。谌尚峰、蔡龙、朱欣同学参与资料收集、绘图和文字整理工作。

特别感谢湖南省益阳市公路管理局蔡志伟、肖梦君、薛浩伟,湖南省益阳市交通规划设计院段献礼,湖南省常德市交通局唐杨斌,感谢他们为本书的编写提供了宝贵的资料和建议。

本书编写过程中,得到了湖南省益阳市相关部门的大力支持,并列入2005年湖南省益阳市科技计划项目。在此,谨向所有关心、支持本书编写和出版的有关领导、专家表示衷心感谢。

由于作者水平有限,书中若存在不妥或疏漏之处,敬请读者批评指正。

作 者

2013年9月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 双曲拱桥的历史	1
1.2 双曲拱桥的养护、维修与加固现状	1
1.3 双曲拱桥检测的目的与意义	3
1.4 国内双曲拱桥评定现状	4
第2章 双曲拱桥构造及病害与成因分析	5
2.1 双曲拱桥构造简介	5
2.2 双曲拱桥桥面系病害与成因分析	8
2.3 双曲拱桥拱上建筑病害与成因分析	18
2.4 双曲拱桥主拱圈病害与成因分析	24
第3章 双曲拱桥的评定方法	38
3.1 检测主要内容和设备	38
3.2 桥梁技术状况评定	39
3.3 桥梁材质状况与状态参数检测评定及危桥判断	47
3.4 实例	54
第4章 双曲拱桥结构计算分析	62
4.1 双曲拱桥结构理论分析	62
4.2 有限单元法计算简介	87
4.3 双曲拱桥的裂纹分析	89
4.4 桥梁承载能力评定	96
4.5 益阳市志溪河桥的承载能力评定	101
第5章 双曲拱桥加固与改造	119
5.1 双曲拱桥加固与改造简介	119
5.2 加固实例	129
参考文献	145
后记	147

第 1 章 绪 论

1.1 双曲拱桥的历史

1964 年,江苏省无锡县建桥职工创造了一种新型拱桥——双曲拱桥,这种结构充分利用了其施工便捷、节省钢材、便于就地取材、加快施工进度等优点,20 世纪 60~80 年代在我国迅速推广,很快得到了广泛应用。

双曲拱桥,由主拱圈和拱上建筑组成。主拱圈由拱肋、拱波、拱板和横向联系等几部分组成,其外形在纵横两个方向均呈弧形曲线,故称为双曲拱桥。双曲拱桥施工时,先将主拱圈分成拱肋、拱波、拱板和横向联系几部分,并预制拱肋、拱波和梁板,即化整为零;然后吊装拱肋成拱,并且与横向联系等构件组成拱形框架,在拱间安装拱波,随后浇筑拱板混凝土,即集零为整。

《中国桥谱》显示,1968 年建成的河南省嵩县前河大桥是目前国内最大跨径的钢筋混凝土双曲拱桥(跨度名列亚洲第一,世界第三),该桥拱轴为悬链线,单孔净跨 150m,矢跨比 1/10,桥面净宽 7.5m。大桥为了提高横断面刚度、增强双曲拱在组合过程中裸肋的稳定性,断面设计成高低拱肋,全桥 29 道横隔板组成整体性好的拱肋格排,合龙后上面砌筑双层拱波,节省了主拱工程量,也减轻了支架负荷。

据不完全统计,全国目前有 4 万多座双曲拱桥。在双曲拱桥问世后的十年内,据 1979 年全国公路桥梁普查资料,全国共有大、中跨径双曲拱桥 4085 座,但目前许多省份的双曲拱桥已陆续被拆除重建。

1.2 双曲拱桥的养护、维修与加固现状

目前,国内桥梁检查是进行桥梁养护、维修与加固的先导工作,桥梁养护对策主要结合桥梁检查来制订,常规的桥梁检查分为巡视检查、经常检查、定期检查和特殊检查四类。

巡视检查——是由专家对一条路线或一定区域内的桥梁进行的快速巡查。其目的在于对所需检查的桥梁的技术状况和主要存在问题形成一个总体印象,以便能进行初步排序并为进一步的检查做技术准备。

经常检查——主要指对桥面设施、上部结构、下部结构及附属构造的技术状况进行日常巡视检查,及时发现缺损并进行小修保养工作。

定期检查——按规定周期,对桥梁主体结构及其附属构造物的技术状况进行定期跟踪的全面检查。主要检查各部件的功能是否完善有效,构造是否合理耐用,发现需要大、中修、改善或限制交通的桥梁缺损状况;同时检查小修保养状况。

特殊检查——在以下四种情况下进行:

(1) 定期检查中难以判明损坏原因及程度的桥梁。

(2) 桥梁技术状况为四、五类者。

(3) 拟通过加固手段提高荷载等级的桥梁。

(4) 条件许可时,特殊重要的桥梁在正常使用期间,可周期性进行荷载试验。

桥梁遭受洪水、流冰、滑坡、地震、风灾、漂流物或船舶撞击,因超重车辆通过或其他异常情况影响造成损害时,应进行应急检查。检查依据的标准规范主要有:

《公路桥涵养护规范》(JTG H11—2004);

《公路养护技术规范》(JTG H10—2009);

《公路桥梁承载能力检测评定规程》(JTG/T J21—2011);

《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21—2011);

为了更进一步提高公路桥梁养护水平和公共服务能力,保证公路畅通和桥梁运行安全,从2007年开始,根据《公路桥梁养护管理工作制度》的要求,全国开始实行桥梁养护工程师制度。

根据上述检查依据的标准规范,双曲拱桥的日常养护工作有如下几个方面。

(1) 经常清除表面污垢及圯工砌体因渗水而在表面附着的游离物。

(2) 经常疏通泄水管孔,保持桥面及实腹拱拱腔排水畅通。如发现拱桥桥面漏水应及时修补,空腹拱的主拱圈(肋)若发现渗水,应对拱背进行清理,消除可能积水的残渣、堆积物等,并用砂浆等材料抹平或堵塞裂缝。实腹拱若发现主拱圈渗水,应检查拱腔排水系统,必要时可挖开拱上填料,修补防水层,修理排水管道。

(3) 主拱及拱式腹拱的拱铰及变形缝,应保持正常工作状态。清除弧面铰及变形缝内嵌入的杂物,保持能自由转动、变形。填缝材料(如油毛毡、浸渍沥青的木板等)如有损坏应及时更换。

(4) 在高温或严寒季节及重车通行后,要对桥体各部位进行认真的检查,观察记录已发生和新发生的裂纹情况,并在裂纹上作出标记、编号。若裂纹的宽度超过规定允许值时,要列表上报并有采取相应的防范措施。

(5) 有漂浮物通过河道的箱拱、双曲拱、刚架拱(一般较坦而低)、桁架拱桥,在汛期来临前要检查设在拱脚上游的钢筋混凝土抗撞桩是否牢固;在高洪水位放漂期,要日夜撬漂、顺木以避免撞击拱圈(斜腿)。

(6) 当气温高于 38°C 以上及汛期前,要疏通箱形拱桥的调温孔、排水孔。未设置排水孔的要给予补设。

(7) 为了预防突发事故,要经常观察桥面的起伏、振颤是否正常。

维修前应对病害进行分析,制订有针对性的维修措施,在病害部位必须清除已损坏的混凝土的浮浆、积尘,直到露出完好的混凝土,并露出钢筋。

施工中的混凝土表层出现的蜂窝、麻面、露筋、孔洞、层隙、磨蚀,老化、剥落、表面发纹以及营运期产生的允许裂纹,均应有步骤地加以维修,维修处必须达到平整密实、光洁,以避免遭受外界影响而扩大受害区域,腐蚀内部钢材。

一般表层病害,可在已清洗干净的修补面上涂抹一层1:2(水泥:砂)的水泥砂浆或其他黏结剂,如1:0.4铝粉水泥浆液、环氧胶液等化学浆液。当pH值小于5.6或 HCl 、 Cl^{-1} 浓度较大时,可用改性环氧聚氨酯、氯磺化聚乙烯涂抹,一般情况也可用改性乳胶漆涂抹。对深凹、隙缝病害在嵌入水泥砂浆、环氧砂浆后需抹平压实养生。

在冬季月平均气温低于 -20°C 的区域,对于淹入结冰水位以下的拱圈及结冰水位以上50cm的拱圈,要在枯水位时涂抹一层抗冻环氧砂浆,砂浆面上再涂刷一层沥青。

各部分构件,如有边角缺损应及时用环氧混凝土进行修补,以免产生应力集中。

双曲拱桥的活载挠度大于 $1/2000 \sim 1/3000$ 桥跨,恒载状态拱肋的裂纹宽度大于 0.1mm 以及拱波出现裂纹时,应立即报请加固和限载使用。

双曲拱桥在使用一定时期后,就会出现不同程度的损坏。双曲拱桥的病害主要以上部结构病害较多,主要有拱波纵向开裂、拱肋开裂、横系梁开裂或脱落、拱顶下沉、侧墙鼓胀外倾等,其中以拱波的纵向开裂最为常见,一般伴随着拱肋的横向开裂、拱顶下沉。

1.3 双曲拱桥检测的目的与意义

20世纪60~70年代修建的双曲拱桥,由于设计等级低,拱圈整体性差,钢筋或混凝土质量不好,开裂和破损现象较为普遍,极大地影响了桥梁的正常使用,但经过多年的运营后观察发现这种化整为零的特点既是双曲拱桥的优点,也是缺点。由于主拱圈是由拱肋、拱波、拱板组成的截面,各构件之间的接缝及接触面较多,截面的整体性较差,使用中出现裂缝也就较多,尤其是拱波、拱板截面刚度相差较大,在温度、混凝土收缩和荷载反复作用下,拱波波顶易产生纵向裂缝。

目前,大部分双曲拱桥都出现了不同程度的结构病害,有的甚至已经发展成为危桥,其主要承重构件(拱肋结构)也出现较为严重的混凝土碳化、剥落、钢筋锈蚀、裂缝开展等损伤。如此众多的双曲拱桥,全部拆除重建,不仅经济上不允许,对环境也将造成污染和破坏;此外,就环境协调性而言,双曲拱桥远比梁桥适应强,到目前为止,很多双曲拱桥已经成为风景优美的经典。因此,对待双曲拱桥不应粗暴生硬的“消灭”,而应根据实际情况,对能够利用的双曲拱桥进行维修、加固。针对现有双曲拱桥的结构性能进行检测和评估,对于保障结构安全使用,应合理控制交通流量,及时检修,科学安排投资等都具有重要意义。

通过对双曲拱桥实施必要的检测与评价,保证双曲拱桥的安全运营和高效管理,使其在适当的养护条件下,达到可接受的安全水准,完成服役期的预定功能。通过桥梁检测和评估可获得下列效益。

(1)掌握双曲拱桥的技术现状:实时检测与评估能使桥梁管理人员掌握双曲拱桥结构是否损坏或服务功能是否降低等状况,通过分析检测过程中得到的桥梁状况信息,可及时采取相应的维护措施,消除危害状况,提高桥梁的运营安全度和服役年限,保障公共运输安全。

(2)提供养护管理依据:由于双曲拱桥营运使用多年,主要部位出现缺陷如裂缝、错位、沉降等,通过检测评估确定桥梁各部件损坏的程度及实际承载能力,为桥梁的养护及维修加固提供必要的依据;通过检测评估可以了解车辆和交通量的改变给桥梁运营带来的影响。双曲拱桥遭受特大灾害时,如因地震、洪水等而受到严重损坏或在建造、使用过程中发生严重缺陷(如质量事故、过度的变形和严重裂缝以及意外的撞击受损断裂等),应通过检测评估为桥梁的维修加固提供可靠依据。

(3)积累桥梁信息数据:双曲拱桥的检查可以系统地收集积累桥梁技术资料,建立动态数据库,为桥梁管理与评估提供第一手数据,检测数据是桥梁管理信息系统中数据库的主要信息来源,以此作为结构状态评估的基本依据,并为桥梁构件和桥跨的退化分析提供客观的数据,进而为管理人员决策提供必要的技术支持。

(4)发展桥梁设计、养护及管理理论:通过检测评估,给养护、设计与管理等部门提供反馈信息,推动养护工作的规范化与科学化,减少桥梁生命周期费用,检验桥梁结构的质量,反馈信息确保新建工程的可靠度,推动和发展旧桥评估以及新结构的设计计算理论。

综上所述,通过检测与评估,可以鉴定双曲拱桥是否仍具有原设计的工作性能及承载能力,进而为维修、改造、加固提供决策性的意见。

1.4 国内双曲拱桥评定现状

公路桥梁评定是对桥梁的使用功能(宏观)、使用价值(微观)、承载能力(微观)进行的综合评价,分为一般评定和适应性评定。一般评定是依据桥梁定期检查资料,通过对桥梁各部件技术状况的综合评定,确定桥梁的技术等级,提出各类桥梁的养护措施;适应性评定是依据桥梁定期及特殊检查资料,结合试验与结构受力分析,评定桥梁的实际承载能力、通行能力、抗洪能力。

公路桥梁评定是一个综合评价的问题,涉及评定方法与评定标准(依据相关标准、规范、试验结果及专家经验等所制订的分类等级)。桥梁状况评定,涉及许多相关因素:一条路线包括许多桥梁;一座桥梁包括上部结构、下部结构和基础,每部分又包含许多基本构件;一个基本构件,因设计、施工、使用中的多种原因可能存在一种或多种缺损。可见,公路旧桥评定是十分复杂的。

我国在桥梁的评定方面已出版的相关规范有:《城市桥梁养护技术规范》(CJJ 99—2003)、《公路桥涵养护规范》(JTG H11—2004)、《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21—2011)、《公路桥梁承载能力检测评定规程》(JTG/T J21—2011)等,对桥梁的评定起了重要指导性作用。

通过旧桥评定,可鉴定其是否仍具有原设计的工作性能及承载能力,进而为桥梁的养护、维修、改造、加固提供决策性的意见。

第 2 章 双曲拱桥构造及病害与成因分析

2.1 双曲拱桥构造简介

双曲拱桥主拱圈,通常是由拱肋、拱波、拱板和横向联系等几部分组成(图 2.1)。双曲拱桥的主要特点是将主拱圈以“化整为零”的方法按先后顺序进行施工,再以“集零为整”的组合式整体结构承重,因此,双曲拱的构造与板拱、肋拱相比具有其独自的特点。

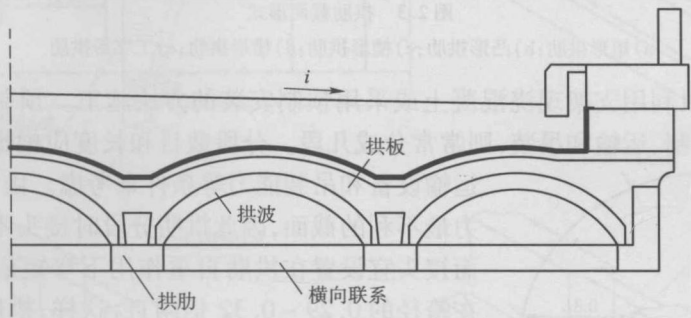


图 2.1 双曲拱桥主拱圈构造

双曲拱桥主拱圈截面,根据桥梁的跨度、宽度、设计荷载的大小、所用材料以及施工等不同情况,可以采用不同的形式(图 2.2)。

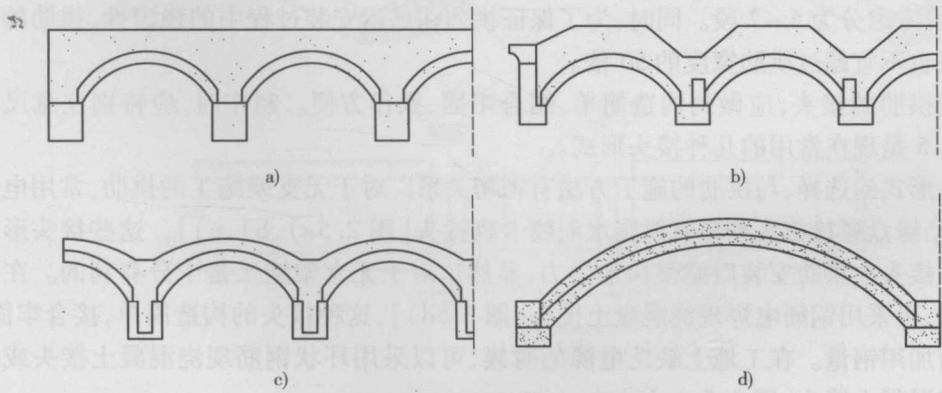


图 2.2 双曲拱桥主拱圈的主要形式

目前,公路双曲拱桥采用最多的是多肋多波的截面形式[图 2.2a)、b)、c)]。一般说来,肋与肋的间距不宜过小,以免限制拱波的矢高,减小小拱圈的截面刚度,但采用无支架施工时,拱肋间距又不宜过大,以免拱肋数量少而过分加大拱肋截面尺寸,增加吊装重量,给施工带来困难。在跨径较小的单车道桥梁中,还可以采用单波的形式[图 2.2d)]。

拱肋是主拱圈的重要组成部分,它不仅参与拱圈共同承受全部恒载和活载,对主拱圈质

量有重大影响,而且在施工过程中,又要起砌筑拱波和浇筑拱板的主梁作用,因此必须保证拱肋具有足够的强度和刚度。特别是采用无支架施工的双曲拱桥,还需保证拱肋具有足够的纵向和横向稳定性。

常用的拱肋截面形式有:矩形、倒 T 形(凸形)、槽形和工字形等(图 2.3)。一般根据跨径大小、受力性能、施工难易等条件综合选择合理的截面形式,要求所选拱肋截面有利于增强主拱圈的整体性、制作简单,且能保证施工安全。

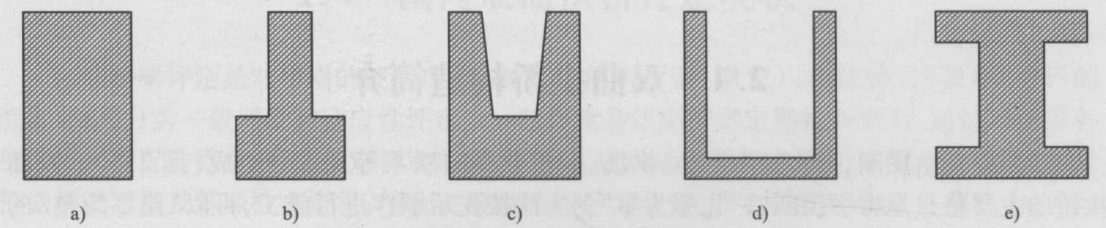


图 2.3 拱肋截面形式
a) 矩形拱肋; b) 凸形拱肋; c) 槽形拱肋; d) 槽形拱肋; e) 工字形拱肋

拱肋通常可以利用支架现浇混凝土或采用预制安装的方法施工。预制的拱肋,如果长度太大,不便于预制、运输和吊装,则常常分成几段。分段数目和长度应根据桥梁路径大小、

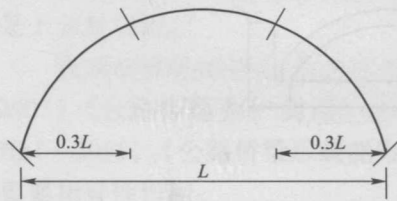


图 2.4 拱肋分段的接头位置

运输设备和吊装能力等条件来考虑。由于拱顶往往是受力最不利的截面,因此拱肋分段时接头不宜布置在拱顶,而接头宜设置在拱肋自重作用下弯矩最小的地方,一般在跨径的 0.29 ~ 0.32 倍附近,这样,拱肋一般均可分为三段(图 2.4)。当前,随着我国吊装设备的发展,起吊重量逐步增大,施工技术不断提高,当跨径在 30m 以内时,可以单根拱肋整体预制吊装;而跨径在 80m 以内,均可分为三段预制安装。只有当跨径超过 80m 时,可考虑分为 5 ~ 7 段。同时,为了保证拱肋在吊运安装过程中的稳定性,拱肋的每段长度一般也不宜超过拱肋宽度的 50 倍。

预制拱肋的接头,应做到构造简单、结合牢固、操作方便。制作时,应特别注意尺寸准确。图 2.5 是现在常用的几种接头形式。

接头形式的选择,与拱肋的施工方法有密切关系。对于无支架施工的拱肋,常用电焊钢板接头、凸缘盘螺栓接头和环氧树脂水泥胶卡砌接头[图 2.5a)、b)、c)]。这些接头形式都可以保证接头在拱肋安装后能很快地受力,显然这对于无支架施工是十分有利的。在有支架施工时,可采用钢筋电焊现浇混凝土接头[图 2.5d)],这种接头的构造简单,接合牢固,基本上不增加用钢量。在工地上缺乏电源的时候,可以采用环状钢筋现浇混凝土接头或绑扎钢筋现浇混凝土接头[图 2.5e)、f)]。

拱波一般是用混凝土预制,常做成圆弧形。拱波不仅是参与主拱圈共同承受荷载的组成部分,而在浇筑拱板混凝土时,它又起模板的作用。

拱板在拱圈截面中占有最大比重,而且现浇混凝土拱板又与拱肋、拱波连成整体,使拱圈能够实现“集零为整”。因此,拱板在加强拱圈整体性方面起着重要的作用。

双曲拱桥试验表明,它与梁桥一样,当拱肋间无横向联系时,在集中荷载(车辆荷载)作用下,各片拱肋的变形在横桥方向是很不均匀的。有较强横向联系的拱圈,各肋间的变形就

比较均匀一致,这说明设置和加强横向联系可以为拱圈在活载作用下受力均匀,避免拱波顶可能出现的纵向裂缝。显然,对于宽桥,横向联系的作用就更加突出。

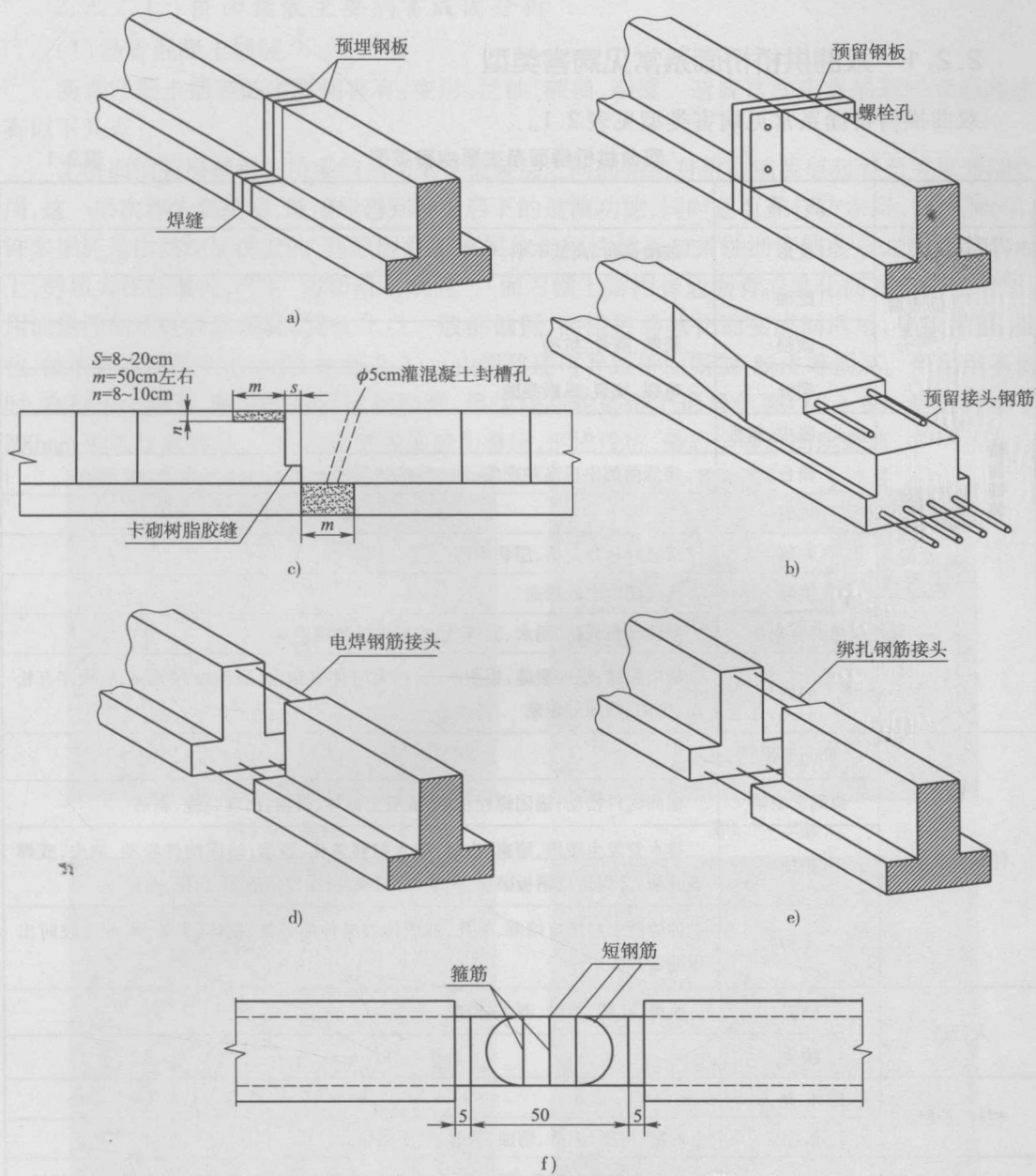


图 2.5 拱肋接头形式(尺寸单位:cm)

a) 钢板电焊接头;b) 凸缘螺栓接头;c) 环氧树脂水泥胶卡砌接头;d) 钢筋电焊现浇混凝土接头;
e) 绑扎钢筋现浇混凝土接头;f) 环状钢筋现浇混凝土接头(俯视图)

横向联系常用的形式是横系梁和横隔板,通常设置在拱顶、腹孔墩下面、分段吊装的拱肋接头处等,间距一般为 3~5m。考虑到横向联系在拱顶附近作用更为明显,因此在拱顶部分(或整个拱顶实腹区段)可适当加密。对于跨径较小的宽桥,拱顶部分的横向联系更应特别加强。

2.2 双曲拱桥桥面系病害与成因分析

2.2.1 双曲拱桥桥面系常见病害类型

双曲拱桥桥面系常见病害类型见表 2.1。

双曲拱桥桥面系主要病害类型

表 2.1

部 件		病 害	定 性 描 述
桥面铺装	沥青混凝土	变形	波浪拥包、高低不平、车辙
		泛油	—
		破损	松散、露骨、坑槽
		裂缝	龟裂、块裂、纵横裂缝
	水泥混凝土	磨光、脱皮、露骨	—
		错台	接缝两侧出现高差现象
		坑洞	—
		剥落	接缝处边角剥落、层状剥落
		拱起	接缝两侧出现抬高
		接缝料损坏	接缝填料老化、漏水、剥落、脱空或被杂物堵塞
		裂缝	横向裂缝；纵向裂缝；板角断裂，严重时伴有错台；破碎板，严重时板块伴有松动、沉陷、唧泥等现象
伸缩缝装置	凹凸不平		—
	锚固区缺陷		锚固构件松动；锚固螺栓松脱；混凝土损坏、破损，出现裂缝、剥落
	破损		排水管发生破损、堵塞、失效；防水材料老化、脱落；锚固构件松动、缺失，或焊缝开裂、开焊造成钢板破损、失效、剪断现象；橡胶条损坏、老化、剥离
	失效		伸缩缝上层槽口堵塞、卡死，造成伸缩缝伸缩异常、损坏、失效，车辆行驶时出现冲击和噪声
人行道	破损		坑槽、孔洞、裂缝、剥落、松动
	缺失		—
栏杆、护栏	撞坏、缺失		—
	破损		蜂窝、麻面、剥落、锈蚀、裂缝、变形错位
排水系统	排水不畅		桥下出现渗水现象；桥台支承面、翼墙面等平面是否受到污水污染，支座锈蚀；或桥台后填料排水不畅，造成路堤明显沉降
	泄水管、引水槽缺陷		排水孔、泄水管、引水槽是否出现堵塞；排水设施是否出现构件破损、缺失、管壁脱落、漏留泄水管
照明、标志	污损、损坏		设施松动、锈蚀、损坏；出现污损标志不清现象，危及行车安全
	照明设施缺失		—
	标志脱落、缺失		标志脱落、缺失；需要标志的位置没有相应标志

2.2.2 双曲拱桥桥面系主要病害成因分析

2.2.2.1 桥面铺装主要病害成因分析

(1) 沥青混凝土铺装

沥青混凝土铺装的主要病害有:变形、泛油、破损、裂缝。造成这些病害的原因总结起来有以下几点:

①桥面铺装层材料。桥梁结构与柔性铺装层之间的黏结对桥面铺装层起着至关重要的作用,这一层次称为黏结层,应该能起到承上启下的过渡功能,同时还可兼作防水层。研究表明,许多损坏是由黏结层诱发的,其原因在于该层位于刚性桥板与柔性沥青铺装层之间的薄弱面上,剪切力往往很大,产生“剪切滑动效应”。而习惯上常用普通沥青或乳化沥青作为黏结层,用油量控制不好容易偏高,其软化点一般都偏低,高温极易软化而变成润滑层,导致推挤、拥包、波浪和车辙的产生(图 2.6、图 2.7)。由滑移还可导致桥面撕裂、脱皮等损坏。当黏结不良时,在行车作用下,面层就会明显地回弹,将很快在轮迹带上形成龟裂(图 2.8),并具有小于 200mm 的板块状特征,且裂纹通常发展成为叠层,形成浅坑,最后会导致面层剥落。

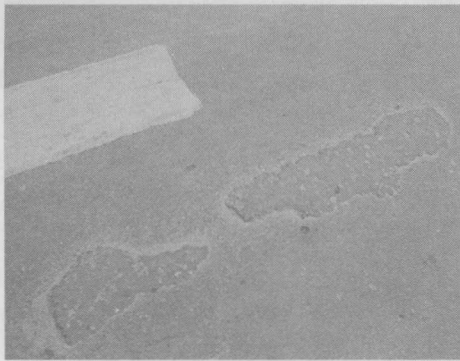
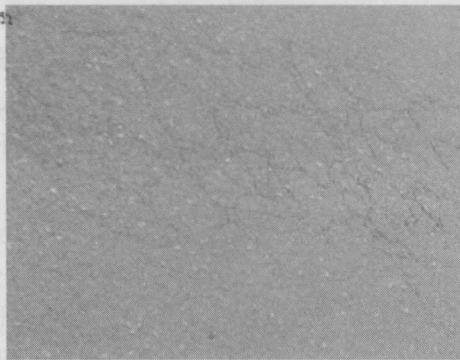


图 2.6 拥包



图 2.7 车辙



a)



b)

图 2.8 龟裂

另外配制的沥青混合料质量较差,如拌和时间过长、拌和温度过高或在储料仓内储存时间过长,混合料中的沥青变硬,当温度下降产生拉应变时,则容易出现块状裂缝(图 2.9)。

②温度。桥面结构因形同“空中楼阁”而完全暴露于空气,直接受气候条件的影响。因而,同路面中的材料相比,铺装层材料夏季温度更高、冬季温度更低,即产生了夏季的“煎熬效应”与冬季的“冰柜效应”,相同的气候条件对桥面铺装材料的影响更大,所以,在路面中

使用性能良好的材料,用在桥面铺装层中有时就会产生温度损坏。温度应力可以引起纵向裂缝(图 2.10)、横向裂缝(图 2.11),加上收缩应力可以导致纵向裂缝与横向裂缝同时出现,他们的周期性变化则可以形成块状裂缝。

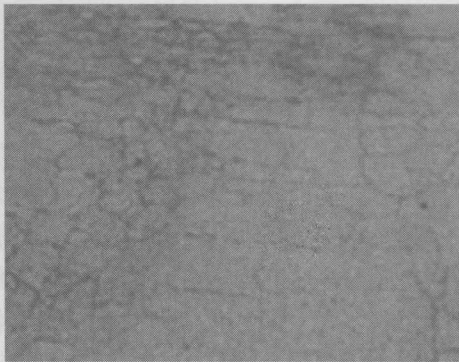


图 2.9 块裂



图 2.10 纵向裂缝



a)



b)

图 2.11 横向裂缝

③水。水是桥面铺装层损坏的主要诱因之一。由于沥青的黏附性差、桥面铺装层的空隙率过大或铺装层开裂,导致水分渗入而产生损坏,如松散、坑槽(图 2.12)、裂缝底面(图 2.13)等,使铺装层失去强度和防水能力。如果桥梁及铺装层排水系统设计不当,渗入的水分无法及时排走,即生成“浴缸效应”,加剧了铺装层的损坏,如果防水层被破坏,渗水将直接腐蚀桥体,从而危及桥梁的安全。



a)



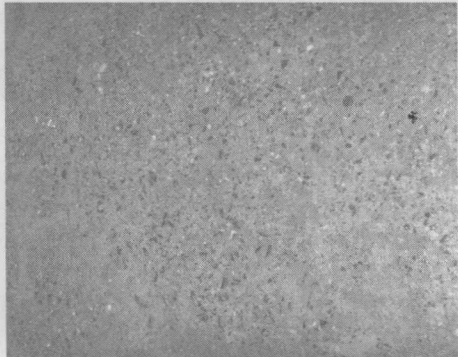
b)

图 2.12 坑槽

④荷载。行车带上不规则的纵向短裂纹,通常是由于交通荷载引发的桥面铺装层初期疲劳,在行车的进一步作用下,裂纹会互相连接成龟裂。荷载扩散不足或二次压实则会造成车辙。目前,车辆严重超载,致使拉应力超过其疲劳强度而断裂,往往会形成荷载型横向裂缝。力学分析和实际情况都证明超载是造成桥面铺装层损坏的“杀手”,因此,应严格限制大型超载车上桥。



a)



b)

图 2.13 麻面

(2)水泥混凝土铺装

水泥混凝土铺装的主要病害有:磨光、脱皮、露骨(图 2.14)、错台、坑洞(图 2.15)、剥落(图 2.16)、拱起、接缝料损坏及裂缝等。

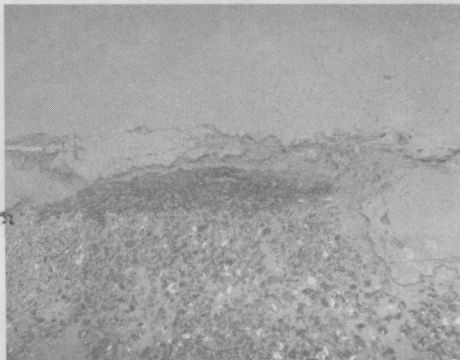


图 2.14 露骨

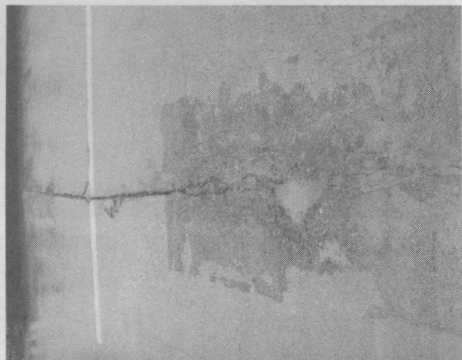


图 2.15 坑洞

水泥品质不稳定,耐磨性差,质量不合格;水泥混凝土的水灰比控制不好;混凝土拌和物易性差,坍落度太低;混凝土拌和不均匀或运输过程中形成离析;混凝土施工时表面砂浆有泌水提浆现象;振动能量不足、振捣棒放置深度不够、停机等材料时间太长、模板漏浆等会导致磨光、脱皮、露骨、剥落、强度不足等缺陷。

受温度的影响,混凝土桥面铺装层要伸缩,反复作用使得板与桥面水平抗剪能力下降。同时,铺装层内温度的非线性分布,引起铺装层向下或向上

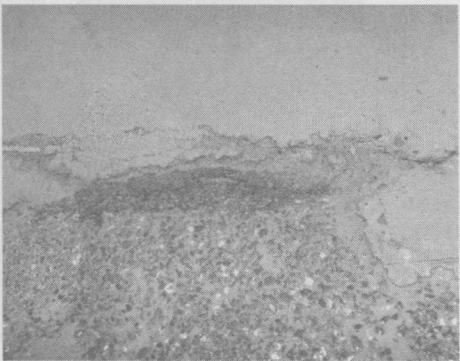


图 2.16 剥落

的翘曲,加速了铺装层与桥面之间的分离,再加之车轮荷载的重复作用使得铺装层与桥面发生了微小的塑性变形,于是产生了微小的空隙,即原始脱空区。在自然环境下,由于纵缝、横缝的存在,大气降水会沿缝隙下渗,并积滞在上述脱空区内。在重载车辆的作用下,车轮驶过铺装层回弹时形成真空,这种负压进一步将水泵入已经形成的原始空隙中,随着混凝土板下水的累积,基础材料趋向于自由水饱和状态,开始表现为少量的冒水现象;在重型车频繁的作用下,板后方的边缘或角隅先向下弯沉,将脱空区内积滞的水挤向前方,而后车轮行驶到板前方时,又将水挤向后方。移动荷载引起的动水压力,使得某些未经处治的细粒料和连接较弱的胶结料受到冲刷,并随着被挤出的水而被带出,这些悬浮的液体就形成了唧泥现象(图 2.17)。

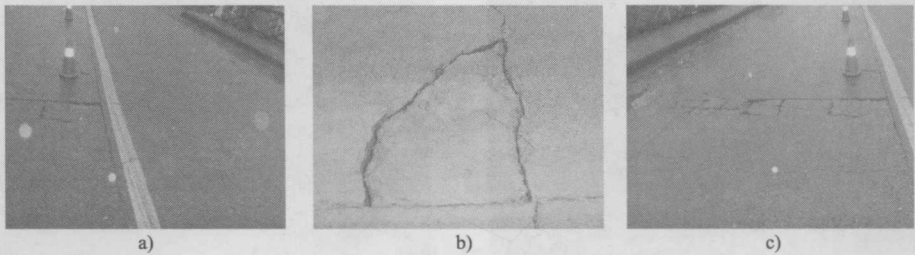


图 2.17 脱空、唧泥

水泥混凝土路面板下脱空的产生原因是十分复杂的,它的产生与唧泥、重载、超载车辆、冰冻作用的影响也有直接关系。

混凝土板面的表面网状裂缝,主要是由于混凝土混合料的早期过快失水干缩和碳化收缩引起的。横向或斜向裂缝,通常由于重载反复作用、温度或湿度梯度产生的翘曲应力或者干缩应力等因素单独或综合作用所引起,如图 2.18 所示。角隅断裂通常由于表面水侵入,板角填料承载力下降,接缝处出现唧泥,板底形成脱空,接缝传荷能力差,重载反复作用等综合作用所引起。有裂缝的板在填料浸水软化及重载反复作用进一步断裂,便形成破碎板,如图 2.19 ~ 图 2.21 所示。

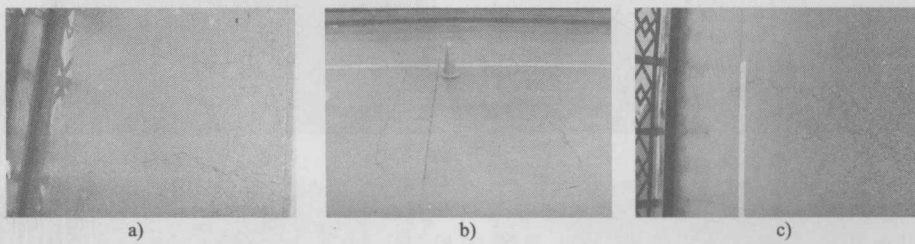


图 2.18 横向裂缝

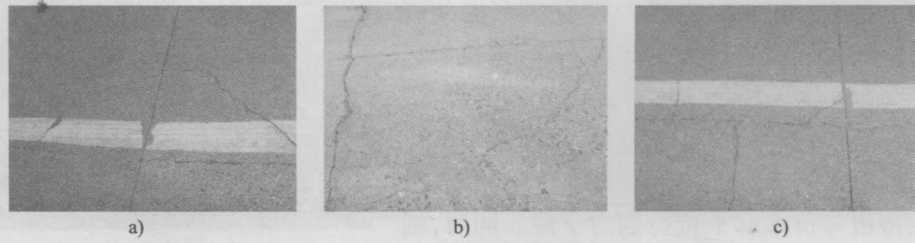


图 2.19 板角断裂