

福建省高速公路桥梁拼接技术状况调查与分析

陈翎辉¹, 杨新燕², 黄文金¹, 苏 华², 柯荔微², 何加泉², 潘国雄²

(1. 福建农林大学 交通与土木工程学院, 福建 福州 350108; 2. 福建省交通规划设计院有限公司, 福建 福州 350004)

摘 要: 福建省许多桥梁面临拼接改造, 为减少拼接后结构病害及维养压力, 需对已有拼接桥梁的技术状况进行调查, 并分析拼接设计方案的合理性。分析结果表明, 福建省高速公路桥梁拼接的新旧主梁均采用相同的截面型式, 且板梁占绝大多数, T 梁次之, 箱梁很少; 板梁的拼接主要采用上连下不连的形式, 且病害少于其他形式; T 梁的拼接全部采用上连下不连的形式, 病害最多但仍能满足桥梁正常使用要求; 箱梁的拼接主要采用上下均不连的形式, 常发生翼缘啃边和渗漏现象。从防治桥梁病害角度看, 相同主梁截面的桥梁拼接宜采用上连下不连的拼接形式。

关键词: 桥梁工程; 拼接构造; 统计分析; 截面型式; 结构病害

中图分类号: U445.46

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)01-0100-05

0 引 言

随着城市范围扩大和道路交通等级提升, 许多公路桥梁面临拓宽升级或者改造为城市桥梁, 需要对桥梁进行拼接^[1]。然而, 桥梁拼接作为非常规结构设计内容, 没有专门的设计规范, 而拼接构造与主梁截面型式、拼接刚度和使用条件等有关, 这就导致桥梁拼接在设计方法和施工质量上没有统一标准。而且, 在桥梁运营阶段也没有针对拼接结构的专门维养措施, 导致拼接结构出现众多病害, 进而影响桥梁的安全性、耐久性和行车舒适度。近年来, 越来越多的业界人士关注并着手处理这一类问题。

作为海西公路网的主骨架, 沈海高速公路福厦段(以下简称为福厦高速公路)是福建省最早进行道路拓宽的高速公路, 自 2010 年完成拓宽以来经历了多次维养, 但是拼接桥梁仍存在许多病害。故以福厦高速公路拼接桥梁为研究对象, 统计桥梁拼接结构的构造形式和病害特征, 对桥梁拼接方式的适用性进行分析, 为制定拼接桥梁病害处治方案提供指导, 并针对常见主梁的拼接方案提出建议。

1 桥梁拼接形式分类

不同地域不同时期的桥梁拼接构造特点和称呼略有不同^[2]。按拼接位置及涉及范围, 桥梁拼接可分

为上下部结构均不连接(本文简称为“上下均不连”)、上下部结构均连接(本文简称为“上下均连”)和上部结构连接而下部结构不连接(本文简称为“上连下不连”)三种。

上下均不连主要通过设置变形缝以及桥面铺装连续的方法, 新旧主梁不连接。该形式新旧结构受力明确, 能够避免复杂的拼接构造问题, 同时对交通影响较小。但是由于新旧主梁之间相互独立, 容易发生桥面铺装层破损、纵向开裂和翼缘啃边等病害。

上下均连主要通过植筋方法进行连接。该形式在新旧桥之间设置有效的横向联系, 可减小新旧桥主梁之间的变形差, 但基础沉降等作用会在新旧桥拼接处产生较大的附加内力, 严重时导致开裂。并且, 该形式的构造很复杂, 一般需要对原有地基进行加固和临时封闭交通。

上连下不连是目前桥梁拼接方案的主流形式^[3]。该形式集成了上下均不连和上下均连两种形式的优点, 既可满足桥梁整体性所需要的拼接刚度, 也在一定程度上降低了基础沉降等作用的不利影响, 且一般只需要局部占道施工而无需封闭交通, 一定程度上缓解拼接施工对交通的影响。

2 桥梁拼接现状调查

该项目共调查了福厦高速公路上的 411 座拼接桥梁。这些大桥多分布于福州段、泉州段和厦门段。莆田段多为软弱地基, 故桥梁拓宽通常采用分离式建设而较少采用拼接方法。福厦高速公路桥梁拼接均采用相同截面的主梁, 而且不同主梁的拼接桥梁病害特

收稿日期: 2022-03-14

基金项目: 福建省交通运输科技项目(201905)

作者简介: 陈翎辉(1998—), 男, 学士, 硕士, 从事桥梁工程研究工作。

点不一,故下面分别统计板梁桥、T 梁桥和箱梁桥的拼接现状。

2.1 板梁拼接板梁

理论上,板梁拼接板梁上下均不连,可充分发挥板梁构造简单、受力明确的特点。但该形式容易使得上部结构单板受力,桥面铺装层损坏严重,且极易造成新旧桥挠度差等问题,在桥梁拓宽工程中较少采用。在福厦高速公路桥梁拼接中,共有 388 座桥(分离式按照两座计)采用板梁拼接板梁的形式,且全部采用铰接,其中,372 座桥上连下不连,占比 95.9%,剩下的 16 座桥(见表 1)上下均连,占比 4.1%。

表 1 上下均连的福厦高速公路板梁拼接板梁采用拼接形式桥名表

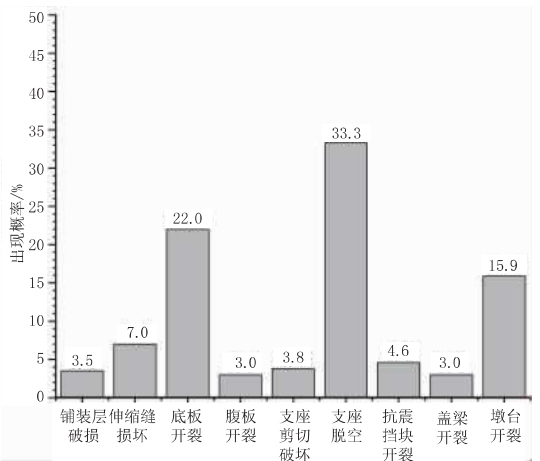
桥梁名称	桥梁名称
西山下中桥左桥	黎斜通道小桥左桥
东湖中桥	北头岭通道小桥
鼎灶下 1# 通道小桥	溪头亭 1# 通道小桥
莆田互通主线左线 1 号桥左桥	莆田互通主线左线 3 号桥左桥
西山下中桥右桥	长丘仔通道小桥
金墩中桥	蒜岭通道小桥
鼎灶下 2# 通道小桥	溪头亭 2# 通道小桥右桥
莆田互通主线左线 2 号桥左桥	黄石分离式小桥左桥

板桥拼接板桥的病害统计数据见图 1 所示,图中纵坐标是指出现病害的桥例与全部桥例之比。对于上连下不连,如图 1(a)所示,主要病害为支座脱空、底板开裂和墩台开裂。对于上下均连,如图 1(b)所示,主要病害为底板开裂、支座脱空、墩台开裂和桥面铺装层破损,其中,底板开裂由上连下不连的第二大率上升为第一大率,桥面铺装层破损也上升为第四大率。

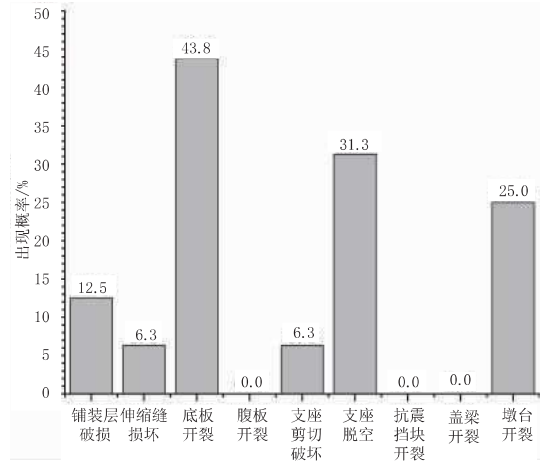
理论上,上下均连的结构整体性更强,上部结构的病害应该少于上连下不连的。但是,从对比图 1(a)和图 1(b)可以发现,上下均连的上部结构病害出现概率总和为 100.2%,而上连下不连的为 72.6%,即上下均连的桥梁上部结构出现更多的病害。对于这一现象,有待深入研究。另外,上下均连桥梁的下部结构病害出现概率总和为 25.0%,而上连下不连的为 23.5%,两者差别不大。从桥梁上部和下部结构出现病害的总概率来看,上下均连的为 125.2%,而上连下不连的为 96.1%,即上连下不连的病害更少。由此可见,对于板梁拼接板梁,建议优先采用上连下不连的拼接形式。

2.2 T 梁拼接 T 梁

福厦高速公路 T 梁拼接 T 梁共有 17 座桥,包括浦头大桥、石浔大桥、浔美高架桥、沉洲特大桥引桥、



(a)上连下不连



(b)上下均连

图 1 板梁拼接板梁的病害统计数据柱状图

锦美大桥、小盈岭 1 号桥、小盈岭 2 号桥和枫亭大桥等八座桥的左、右线桥,以及玉兰中桥左线桥。T 梁拼接 T 梁全部采用上连下不连的拼接形式。

T 梁拼接 T 梁的典型病害见图 2 所示,与板梁拼接板梁的类似,但出现的概率更大。对于桥梁上部和下部结构的所有病害,T 梁拼接 T 梁出现病害的概率为 229.5%,板梁拼接板梁出现灾害的概率为 96.1%,见图 1(a)所示,这说明 T 梁拼接 T 梁出现更多的病害。此外,对于 T 梁拼接 T 梁,九种典型病害的出现概率平均为 25.5%,这应引起重视。

由于 T 梁抗扭刚度差、翼缘厚度小,国内外 T 梁拼接 T 梁往往采用刚接形式,即通过后浇的横隔板将新旧主梁联结在一起,以加强上部结构的整体性,但下部结构保持独立。然而,在新旧桥梁基础沉降、新桥混凝土收缩徐变、温度变化等作用的不利影响下,上连下不连的结构附加内力不可忽视。此外,T 梁桥的跨径一般大于板梁桥,而且 T 梁的活载横向分布不均匀性一般比板梁的显著;因此,当不计及几何参数和材料特性的影响时,拼接对 T 梁的影响要大

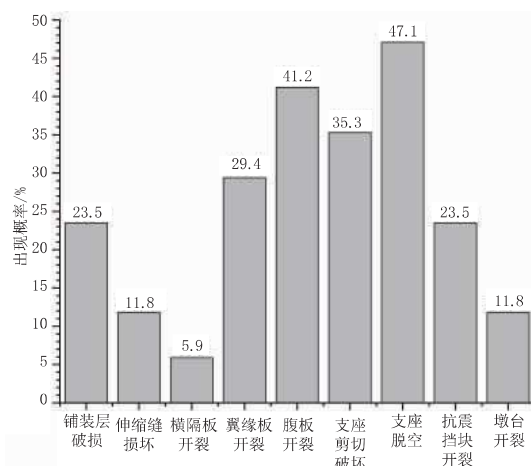


图2 T梁拼接T梁的病害统计数据柱状图

于对板梁的影响。从病害程度上看,这些病害对于结构耐久性有较大影响,但对结构极限承载力影响不大,也不显著影响桥梁的正常使用性能。

2.3 箱梁拼接箱梁

福厦高速公路箱梁拼接箱梁共有六座桥。其中,四座桥上下均不连,两座桥上连下不连。对于上下均不连的桥梁,如锦美大桥和浔美高架桥的左、右线桥,其拼接处出现翼缘啃边,以及漏水现象;对于上连下不连的桥梁,如驿峰桥的左、右线桥,采用翼缘刚接的拼接形式,仅箱梁翼缘板出现少许裂缝。

单从此次调查数据看,福建省公路桥梁采用箱梁的比例很少。不过,箱梁拼接箱梁上下均不连的病害相对较严重。此外,结合省内外其他线路的案例看,箱梁桥在进行拼接时较少上下均连,广佛高速、沪宁高速的箱梁桥拼宽均为上连下不连^[4,5]。通过对珠江三角区箱梁拼接调查,以及对箱梁跨度、翼缘宽度与挠度三者关系的研究,文献[6]认为箱梁采用翼缘板进行拼接时,跨径小于50 m时不需要对翼缘进行处理,跨径在50~100 m时需要翼缘进行特殊处理。显然,箱梁拼接箱梁宜上连下不连,拼接设计重点在于对翼缘局部应力控制,加强翼缘拼接构造设计。

2.4 典型病害特征

为减少桥梁维修工作量,并根据《公路桥梁技术状况评定标准》^[7]关于病害类型的规定,福厦高速公路拼接桥梁病害可划分为桥面系病害、上部结构病害和下部结构病害。

2.4.1 桥面系病害

福厦高速公路拼接桥梁的桥面系病害主要为桥面铺装层破损和伸缩缝损坏。

(1)桥面铺装层破损

桥面铺装层破损主要为新旧桥接缝处上方沿纵桥向产生一条或多条裂缝,见图3所示。



图3 拼接处桥面铺装层破损之实景

(2)伸缩缝损坏

伸缩缝损坏主要为伸缩缝型钢扭曲以及锚固区混凝土损坏,见图4所示。



(a)全貌



(b)局部

图4 拼接处伸缩缝锚固区混凝土破损之实景

2.4.2 上部结构病害

福厦高速公路拼接桥梁的上部结构常见病害为翼缘板开裂、底板开裂、腹板开裂、支座横向位移、支座剪切破坏和支座脱空。

2.4.2.1 翼缘板开裂

翼缘板开裂主要表现为新旧桥主梁翼缘板沿拼接缝产生纵向裂缝,往往分布在旧桥翼缘上部、拼接处新旧混凝土结合面和新桥翼缘根部。

2.4.2.2 底板开裂

底板开裂主要表现为新旧主梁底板产生纵向裂

缝(见图5所示),往往分布在靠近加宽桥梁一侧的边板。



图5 底板开裂之实景

2.4.2.3 腹板开裂

腹板开裂主要表现为新旧主梁腹板产生斜向裂缝(见图6所示)^[8],往往分布在靠近拼接缝的新旧主梁腹板处。

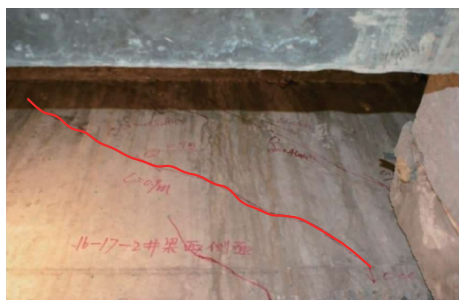


图6 腹板开裂之实景

2.4.2.4 拼接桥梁支座病害

拼接桥梁支座病害主要有支座横向位移、支座剪切破坏和支座脱空,其表现特征与常规支座病害类似。

2.4.3 下部结构病害

福厦高速公路拼接桥梁的下部结构常见病害为桥梁抗震挡块破损和墩台开裂。

2.4.3.1 桥梁抗震挡块密贴破损

桥梁抗震挡块密贴破损主要表现为新旧主梁紧顶抗震挡块,严重时抗震挡块被新旧主梁剪切破损,见图7所示。

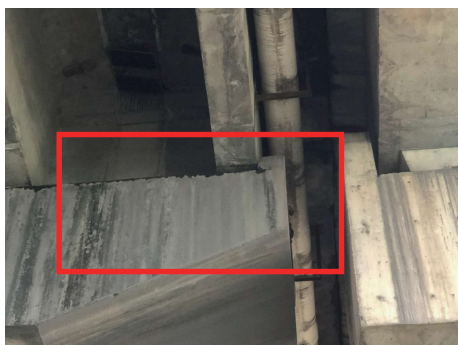


图7 抗震挡块密贴之实景

2.4.3.2 墩台开裂

桥梁墩台为大体积构件,刚度大,即使发生微小

的基础沉降也容易开裂,严重时甚至破碎。墩台开裂形式主要有斜向裂缝、半环形裂缝(沿圆周横向裂缝),见图8所示。

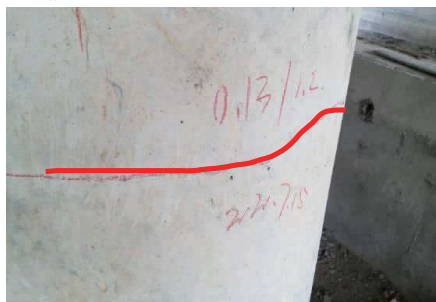


图8 桥墩开裂之实景

3 拼接桥梁病害原因分析

实际上桥梁拼接病害具有一定的特殊性,其产生的原因与桥梁拼接前的结构健康状况和拼接时所采取的拼接形式,以及拼接后的运营情况密切相关。

桥梁拼接后,对结构受力影响较大的因素主要有活载作用、新桥基础的不均匀沉降作用、新桥混凝土的收缩和徐变作用等^[9,10]。桥梁拼接后,上部结构由原来的一种截面转换成多种截面共同受力,上部结构的受力体系发生改变,荷载横向分布模式发生改变。

3.1 车辆荷载作用

对于拼接桥梁,旧桥往往已经建成多年,新旧桥梁设计所依据的规范存在差异^[4],如表现为道路等级或荷载标准提高。再加上交通量提升、超限车辆通行等原因,由车辆荷载作用引起的横向弯曲应力超过混凝土抗拉强度,从而导致拼接桥梁产生桥面铺装层开裂、伸缩缝损坏、底板开裂^[11-13]和翼缘板开裂等病害。

3.2 基础沉降差

新旧桥基础沉降差是桥梁拼接工程中的常见问题^[14]。桥梁拼接后,新桥基础沉降使得新旧桥之间产生较大的横向拉应力,严重时导致桥面铺装破损、伸缩缝损坏、翼缘板开裂、腹板开裂和墩台开裂等病害^[8,15,16]。

3.3 混凝土收缩徐变差

桥梁拼接时,旧桥混凝土的收缩徐变基本完成,而新桥混凝土的收缩徐变还在发展当中,新桥混凝土收缩徐变受到旧桥的约束,因此旧桥整体向新桥方向偏移,新旧桥在平面上发生弯曲变形、梁端发生横向偏位^[17,18],最终导致拼接桥梁支座发生横向位移,严重时导致支座剪切破坏或脱空,以及抗震挡块剪切破坏。

4 结 论

在福建省高速公路达通检测有限公司的大力支持下,开展了福厦高速公路411座拼接桥梁设计资料分析和实地调研,对拼接桥梁技术状况进行了统计分析。分析结果表明,福厦高速公路桥梁拓宽除了少数在软基地区采用分离式建设外,其余均采用横向拼接形式,其拼接形式及其运营状态具有显著的统计特征,具体而言主要有:

(1)拼接桥梁均采用相同主梁截面型式,且以中小跨径简支结构为主。其中,绝大多数为板梁拼接板梁,T梁拼接T梁次之,箱梁拼接箱梁很少。

(2)从拼接部位来看,桥梁拼接主要采用上连下不连的拼接形式。对于板梁拼接板梁,绝大多数采用上连下不连的形式,少量采用上下均连的形式,并全部采用铰接;对于T梁拼接T梁,全部采用上连下不连的形式,并全部采用刚接;对于箱梁拼接箱梁,统计样本不多,主要采用上下均不连的形式。

(3)对于板梁拼接板梁,主要病害为支座脱空、底板开裂和墩台开裂;上下均连的病害比上连下不连的更严重。对此,建议板梁拼接板梁优先采用上连下不连的形式。

(4)对于T梁拼接T梁,病害最严重且主要表现为支座脱空、腹板开裂和支座剪切变形。这些病害虽然对结构极限承载力和正常使用性能影响不大,但是对结构耐久性有较大影响,应引起重视。建议T梁拼接T梁优先采用上连下不连的拼接方式。

(5)对于箱梁桥拓宽,若不拼接则会在车辆荷载作用下因挠度差而发生啃边,且会引起渗水,对交通安全也不利。建议箱梁拼接箱梁优先采用上连下不连的翼缘刚接形式,但应注意局部应力控制,加强翼缘拼接构造设计。

(6)拼接桥梁桥面系病害主要有桥面铺装层破损和伸缩缝损坏。上部结构常见病害为翼缘板开裂、底板开裂、腹板开裂、支座横向位移、支座剪切破坏和支座脱空;下部结构常见病害为桥梁抗震挡块破损

和墩台开裂。

需要特别指出的是,本文有关拼接桥梁病害的统计特征是基于现状分析获得的,而有关拼接桥梁病害的处治措施,应结合拼接前的结构健康状况和拼接后的病害发展规律,综合判断其产生机理后再对症制定。

参考文献:

- [1] 赵旭东.对城市桥梁拓宽设计的思考[J].城市道桥与防洪,2019,35(9):98-100.
- [2] 魏梦伟.公路T梁桥与匝道箱梁桥拼接结构受力性能有限元分析[D].福州:福建农林大学,2021.
- [3] 张慧.适用于长联混凝土连续梁桥拓宽的横向拼接构造研究[D].南京:东南大学,2019.
- [4] 宗周红,夏樟华,陈宜言等.既有桥梁拓宽改造纵向接缝研究现状与实例分析[J].福州大学学报(自然科学版),2009,37(2):248-260.
- [5] 梁志广,王甲辰,王萍等.大跨度连续箱梁桥拓宽梁体与原梁体的连接[J].公路交通科技,2007,24(2):65-69.
- [6] 梁志广,袁磊.预应力混凝土箱梁桥拓宽拼接技术[J].铁道建筑,2009,49(5):22-25.
- [7] JTG/T H21—2011,公路桥梁技术状况评定标准[S].
- [8] 王力冬.软土地基上新老拼接桥梁典型病害分析[J].城市道桥与防洪,2019,36(5):225-227.
- [9] 吴文佑,吴文清,叶见曙.预应力混凝土桥梁拓宽的若干关键问题研究[J].公路交通科技(应用技术版),2009,4(8):17-19.
- [10] 吴文清,翟建勋,张炯等.三向预应力混凝土连续箱梁桥横向加劲肋拓宽研究[J].现代交通技术,2018,15(2):22-29.
- [11] 吴文清,叶见曙,鞠金茨等.高速公路扩建中桥梁拓宽现状与方案分析[J].中外公路,2007,28(6):100-104.
- [12] 郑庆平.拼宽桥梁伸缩缝病害分析与修复[J].福建交通科技,2018,38(1):54-56.
- [13] 汪小鹏.拓宽的装配式桥梁常见病害和维修加固技术研究[D].西安:长安大学,2011.
- [14] 吴文清,杨松,张立志.梁板桥拓宽后新桥各主梁沉降变形分布模式研究[J].桥梁建设,2014,44(4):75-79.
- [15] 刘丹,吴文清.某高速公路桥梁拓宽后伸缩缝锚固区混凝土破坏原因分析[J].现代交通技术,2008,5(1):41-43.
- [16] 张倩.拓宽预应力混凝土空心板桥病害研究[D].西安:长安大学,2012.
- [17] 高冉,刘其伟.拼宽连续箱梁桥支座病害分析及处理方案的研究[J].中外公路,2012,32(6):218-222.
- [18] 刘其伟,茹毅,罗文林.新旧混凝土连续箱梁拼接桥梁端横向位移分析[J].施工技术,2015,44(16):89-92.