

研究高速公路桥梁预防性养护技术

张建博

河北高速秦沈高速公路有限公司, 河北 秦皇岛 066000

DOI:10.61369/ME.2025040035

摘 要 : 为防止高速公路桥梁产生早期病害, 延长桥梁使用寿命, 文章结合某高速公路桥梁实际情况, 在介绍其现有病害问题及其产生原因的基础上, 对其预防性养护施工进行深入分析, 提出针对既有病害问题采取的施工工艺方法和预防性养护技术措施, 包括掌握桥梁状态、完善管理系统、坚持日常保养、建立组织机构和不断完善相关数据库等, 最后经检测检查验证了该桥梁养护效果, 以期为相关人员提供参考。

关 键 词 : 高速公路桥梁; 桥梁养护; 预防性养护

Research on Preventive Maintenance Technology for Expressway Bridges

Zhang Jianbo

Hebei Expressway Qinshen Expressway Co., Ltd., Qinhuangdao, Hebei 066000

Abstract : To prevent early-stage diseases in expressway bridges and prolong their service life, this article conducts an in-depth analysis of preventive maintenance construction based on the actual situation of a specific expressway bridge. After introducing the existing disease problems and their causes, it proposes targeted construction techniques and preventive maintenance measures for these issues. These include understanding the bridge's condition, improving the management system, adhering to routine maintenance, establishing organizational structures, and continuously improving related databases. Finally, the effectiveness of the bridge maintenance is verified through inspection and testing, providing a reference for relevant personnel.

Keywords : expressway bridges; bridge maintenance; preventive maintenance

引言

高速公路桥梁长期运行过程中受到行车与环境等因素的综合影响难免出现一些病害问题, 要想杜绝这些问题的发生, 并在问题发生后加以解决, 就需要引入预防性养护的方法, 以此及时发现和解决各类病害问题, 始终维持桥梁健康状态, 从而保证桥梁运行安全。

一、桥梁概况

(一) 现有病害问题

某大桥位于某高速K5+184.500处, 是我国西部运营桥梁主干线, 对减轻交通压力意义重大, 起终点桩号为K4+720.390~K5+427.600, 桥全长454m。检测显示, 该桥运行仅4年, 主跨跨中剩余预拱度不足。桥面为水泥混凝土铺设, 现已不平且部分有裂缝, 在通车之前铺设而成的厚度为1cm的防滑层已经剥落。箱梁部分底板产生纵裂, 但还没有贯通, 基本在中心线的两侧对称分布, 间距在16cm~24cm范围内; 顶板也存在纵裂, 同样还没有贯通, 主要产生于中心线的附近, 间距在17cm~32cm范围内, 与中心线距离较近的裂缝宽度相对较大, 向两侧逐渐变窄。处于横隔板附近的横梁有若干宽度不大的竖裂, 均未贯通, 以中心线为对称轴分布在两侧。局部桥墩顶部盖梁所

在位置的主桥侧面分布若干竖裂, 同时盖梁由于直接受到雨水的侵蚀, 内部钢筋外露且锈蚀, 导致部分混凝土剥落损坏。墩身和承台筒距离不大的地方也有宽度较小的竖裂。此外, 护坡处也产生了若干裂缝, 同时其宽度也都发展至较大^[1]。

(二) 病害产生原因

1. 主跨跨中下挠过大

(1) 对于跨径较大的预应力钢筋砼连续刚构桥, 主梁跨中下挠是一种比较常见的病害问题, 因影响因素复杂、缺乏精确计算混凝土收缩徐变的方法、徐变终止时间不确定、管道压浆不密实等, 导致预应力效率与计算值有偏差。当前设计通过增加0.8%~1.0%L预拱度应对。

(2) 本桥纵向顶板索为直线索, 抑制下挠效果不佳, 设置下弯索效果更好。如江津长江公路大桥未设顶板下弯索, 运营九年后主跨跨中下挠达31.7cm, 推测特大桥主桥跨中下挠值将持续

作者简介: 张建博(1989.11-), 男, 汉族, 河北邯郸邱县人, 研究生, 研究方向: 高速公路道路与桥梁养护。

增大。

(3) 超声回弹法测得箱梁混凝土强度推定值为40MPa~50MPa, 未达设计标准, 是下挠影响因素。

(4) 施工时部分箱梁胀模、箱内有浮浆杂物, 增加箱梁自重, 加重下挠。

(5) 交通量增多、超重超载汽车多, 动荷载超出设计标准, 是下挠重要原因^[2]。

2. 箱梁底板开裂

箱梁底板底面有不贯通纵向裂缝, 对称分布, 间距15cm~25cm。计算显示, 底板跨中在多种荷载作用下裂缝宽度为0.15mm, 考虑温差等接近0.20mm, 实际最大裂缝宽度为0.2mm, 推测为受力裂缝。

3. 箱梁内部顶板开裂

箱梁顶板有纵向裂缝, 集中在中心线附近, 间距17cm~32cm。计算表明, 顶板跨中下缘受力受温度梯度影响大, 加上超载等因素会导致裂缝, 判定为结构受力裂缝。

4. 箱梁腹板斜向开裂

箱梁腹板存在斜向开裂问题, 与底板夹角30°~40°, 属主拉应力裂缝。分析显示, 竖向预应力作用失效、主拉应力可能超限制、纵向顶板钢束未设下弯, 判定腹板斜裂缝由主拉应力造成。箱梁腹板开裂部位主拉应力分布情况如表1所示。

表1 箱梁腹板开裂部位主拉应力分布

比例值	100%	50%	30%	0
边跨26号块~边跨合拢段(腹板厚50cm)(MPa)	-1.86~-1.16	-2.65~-1.40	-2.80~-1.63	-3.45~-1.84
中跨18号块~中跨合拢段(腹板厚50cm)(MPa)	-1.32~-0.24	-2.44~-0.68	-2.86~-1.05	-3.38~-1.25

5. 箱梁中横隔板开裂

全桥7道中横隔板, 横隔板与顶板、腹板连接处及倒角处有不同方向裂缝, 最大宽度0.31mm, 判定为行车道板受力超设计承载力所致。

6. 过渡墩盖梁开裂

7号墩盖梁主桥侧立面有竖向裂缝, 防裂钢筋细且间距大, 判定为收缩裂缝。

7. 主墩墩身表面开裂

主墩墩身靠近承台处有竖向裂缝, 因承台先浇筑, 墩身收缩受承台约束, 判定为非结构裂缝。

8. 桥台护坡砌护裂缝较多、较宽

1) 桥台前侧填土不密实致护坡沉降。2) 护坡砌护施工后保温养生不到位。

二、桥梁预防性施工工艺

(一) 裂缝处理

桥梁出现裂缝若不及时处理, 会使钢筋暴露腐蚀, 直接影响到结构的整体性能, 甚至会对运行安全造成很大威胁, 对此必须做好裂缝处理, 这对保证桥梁运行安全十分重要。针对不同宽度

裂缝, 处理方式有注浆和密封两种, 裂缝宽度超0.2mm用注浆法加固, 小于0.2mm则采用封闭加固法^[3]。

1. 箱梁腹板开裂处理: 结合计算分析成果, 对于腹板处裂缝制定如下处理方案: 从边跨21号段开始直到28号段都采用适当增加厚度的方法处理腹板开裂; 从边跨29号段开始直到37号段则通过粘贴钢板实施加固; 另外, 从中跨19号段开始到36号段, 同样通过粘贴钢板实施加固处理。

2. 箱梁底板、顶板开裂处理: 为有效遏制边、中跨底板开裂快速蔓延, 通过粘贴碳纤维有效修复; 针对顶板产生的纵向裂缝则采取注浆措施处治, 并以实际情况为参考判断是否需要进一步加固, 若需要则也采取粘贴碳纤维的方法。

3. 主桥两侧伸缩缝缺陷处理措施: 主桥墩顶所设伸缩缝有部分底部钢筋锈蚀或胶条丢失及损坏, 对此应及时更换已经损坏的胶条, 并在去除底部锈迹后通过均匀涂刷防锈漆处理。

4. 箱梁隔板裂缝加固: 经检测可知横隔板和顶板之间相连的位置产生裂缝的主要原因为行车道板受力, 虽不影响正常使用功能, 但也有必要采取灌浆的方法封闭现有裂缝。

5. 桥台护坡砌护裂缝加固: 考虑到桥台护坡部分的裂缝宽度都偏大, 且很多地方都已松动, 故需将原护坡部分全部拆除, 同时用合适的土体将所有凹陷处填平并适当夯实, 必要时还需采用其它材料进行补砌。针对宽度不大的地方, 则可通过灌缝处理^[4]。

(二) 铺装处理

先将损坏的铺装层结构凿除, 再于箱梁顶增加钢筋配置, 按要求设好钢筋网, 最后再浇筑掺有抗扰动外加剂的混凝土, 要求其强度不低于C50。通过增加钢筋配置, 可以加强新旧部分的连接, 确保铺装层处理完成后与箱梁部分良好协同, 改善铺装层行车舒适性, 此外还能起到提高主梁结构刚度的作用, 进而有效控制跨中下挠。

(三) 体外预应力的施加

1. 方案一

以主桥中跨为施加位置, 在0号块横隔板边跨锚固钢束。其中, 中跨采用19Φs15.2mm体外预应力钢束, 每块腹板均设置4束, 由A、B两个转向块分别按照8.6°和9.2°的角度分别下弯。其中, 转向块A的具体设置位置为17号段的顶板底部, 而转向块B的具体设置位置为25号段的顶板底部以及底板顶部, 在中间采用窄腹板可靠相连。除此之外, 在30号段的底板顶部以及34号段的底板顶部也设置转向块C、D, 对于锚下控制应力, 严格按照1116MPa严格控制。通过相关计算分析可知, 采用上述方案后桥梁结构受力得到一定程度的改善, 具体表现为以下几点: 1) 中跨主拉应力最大值下降0.46MPa; 2) 跨中下缘应力储备值升高2.38MPa; 3) 预应力施加后主梁跨中的上移量在1.78cm左右^[5]。

2. 方案二

在主桥中、边跨一同进行体外预应力施加, 将钢束类型确定为束19Φs15.2mm, 与方案一相同每块腹板均设置4束, 但每块腹板均预留2条孔道。在中跨设置T3和T4束, 以0号块横隔板边跨顶板为锚固点, 中跨设置的钢束由C、D两个转向块实现下弯, 角度按7.2°和5.3°严格控制。其中, 转向块C的具体设置

位置为23号段的顶板底部，而转向块D的具体设置位置为29号段的顶板底部以及底板顶部，采用宽度较小的腹板直接相连。除此之外还在34号段的底板顶部额外设置一个转向块E，对于锚下控制引力，同样按照方案一的要求严格控制。T1和T2束则将边跨合拢段的底板作为锚固点，其整个桥梁上通长布置，中跨采用上述C、D转向块进行下弯，其角度分别按照7.2°和5.3°严格控制，而边跨则在转向块B的作用下实现一次下弯，其角度按照5.12°控制。通过相关计算分析可知，实施以上方案后，桥梁整体结构受力改善明显，具体表现为以下几点：1）中跨主拉应力最大值下降0.16MPa；2）边跨主拉应力最大值下降0.31MPa；3）中跨跨中下缘预应力升高1.98MPa；4）闭合段下缘预应力升高2.12MPa；5）待修复加固完成后，跨中产生1.2cm左右的上移，同时合拢处也产生0.8cm左右的上移。

针对该桥梁存在的跨中处下挠相对较大的实际问题，对以上两套处理方法做综合对比。对边跨下挠而言，因其并不严重，加之混凝土徐变给边跨挠度带来的影响也有限，故边跨挠度并不能快速发展。对此，经综合对比，由于方案一操作起来比较简单且成本较低，实际加固效果也能满足要求，所以最终选择方案一进行处理^[6]。

（四）其它预防性养护技术

1.掌握桥梁状态：了解既有桥梁结构工作状态是预防性养护基础。建立检查评定机制，安排人员对桥梁上、下部及附属结构常规检查并评定技术状况，定期全面检测，针对病害专项检查并提出处理措施。

2.完善管理系统：持续优化桥梁养护管理系统，做好信息记录与分析，方便管养单位，使桥梁管理和检测更规范、有针对性，利于养护管理者决策。

3.坚持日常保养：预防性养护注重提前预防或局部小修、中修。小修保养针对日常检查病害，修复轻微破损或进行预防性养护，减缓病害发展，确保桥梁完好、提升耐久性。

4.建立组织机构：预防是桥梁养护根本，有效的预防性养护

是落实养护工作的保障。从养管部门角度讲，需要以桥梁所处地区实行的运营管理体制为依据，并充分考虑自然环境条件，根据现有的人员配置情况以及对各项技术的使用情况，编制可操作性强的养管制度，同时针对该制度提前做好组织机构构建，以确保其能够顺利实施。

5.不断完善相关数据库：数据库的完善是一个长期且复杂的工作，包含从前期方案编制到最后维修养护的全过程。

（五）养护效果

1.桥面铺装：铺装层养护过程中采用掺加抗扰动剂的混凝土，不仅可以满足强度要求，而且还能带来良好的抗扰动效果。待桥面养护结束后除了恒载大幅减轻，而且该实现了整体线形的有效改善，无论行车安全还是舒适度，均得到显著提升。

2.体外预应力：施加体外预应力作为常用预防性养护技术措施，体外索施工质量直接影响加固效果。施工采用两端对称分级张拉，每级张拉后检查受力情况，有病害则停止，处理后继续，委托专门部门做好实时监测。实践表明，通过施加体外预应力可以进一步提升跨中刚度、防止主跨下挠，且具有施工方便和布置灵活的特点，可正常工作时调索换索，有良好效益。施工监测数据与标高对比显示，张拉前后主梁上挠、压应力增加，跨中底板部位存在的横裂逐步闭合，没有产生塌落等问题。

3.加固补强：通过有效的加固补强，箱梁结构自身抗剪能力与抗弯能力均得到大幅提升，进而使使用功能得到显著改善。经检测，加固补强后桥梁结构的承载能力满足荷载等级相关要求^[7]。

三、结语

综上所述，预防性养护是当前高速公路桥梁养护工作的主要发展趋势，以上结合某高速公路桥梁实际情况，对其预防性养护技术应用进行了初步分析与总结，明确具体的施工工艺及要点，旨在为其它类似高速公路桥梁的预防性养护施工提供技术参考。

参考文献

- [1]陈海兵,曾国良,江祥林.高速公路桥梁伸缩缝预防性养护分析研究[J].湖南交通科技,2015,41(2):123-125+130.
- [2]王海宏.高速公路混凝土桥梁预防性养护加固措施研究[J].智能城市,2021,7(10):99-100.
- [3]张渊波.公路桥梁养护管理中存在问题思考及对策[J].中国新技术新产品,2010(5):61.
- [4]李锋.基于无人机及深度学习的桥梁结构裂缝智能识别[D].湖南大学,2021.
- [5]王正平.高速公路桥梁预防性养护技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2018(6):137-138.
- [6]陶学运.新材料新工艺在桥梁修复补强中的应用探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(32):190-192.
- [7]刘鑫,李潇,邓峰,宋蒙,周文涵.高速公路桥梁预防性养护与绿色环保[J].交通节能与环保,2024,20(3):185-188.